UNIVERSITÉ DE BORDEAUX II
Unités d'Enseignement et de Recherche
des Sciences pharmaceutiques

Année - 1971 Thèse N° 617

ÉTUDE GÉOCHIMIQUE DES EAUX DU MAESTRICHTIEN DE L'AQUITAINE SEPTENTRIONALE

Thèse pour le Doctorat de l'Université
Mention Pharmacie
présentée et soutenue publiquement
le Vendredi 21 Mai 1971

par François FARAGGI
né le 2 Mai 1943 à SALAGNAC (Dordogne)

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

M. J. CANELLAS, Professeur	Président
M. R. CASTAGNOU, Professeur	Juges
M. J.C. COLLETER, Professeur	
M. J. ROQUEBERT, Professeur	
M. H. SCHŒLLER, Professeur Invité	

Éditions Bergeret, 2, rue Bergeret - BORDEAUX
— Tél. 91-12-59 —

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

A la mémoire du Professeur Pierre CAZAUX

Trop brève a été la période pendant laquelle nous avons reçu son remarquable enseignement.

Il nous donna le goût de la recherche, et c'est avec beaucoup d'émotion que nous lui dédions cette thèse.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543911_0053

AVANT - PROPOS

C'est au cours du travail confié par Monsieur le Professeur SCHOELLER à Monsieur Jean-Pierre BRINDAMOUR, sur l'alimentation de la nappe des affleurements maestrichtiens de l'Aquitaine septentrionale, que nous avons été amené à nous intéresser aux rapports entre la composition des eaux et les caractéristiques géologiques de cette région.

Nous espérons que ce travail, qui vient en complément de la thèse de Monsieur Jean-Pierre BRINDAMOUR, contribuera à une meilleure connaissance des eaux de ces terrains.

Avant de clore cet avant-propos, nous tenons à exprimer à Monsieur le Professeur SCHOELLER, nos sentiments de très vive et respectueuse gratitude pour l'aide précieuse qu'il nous a apportée dans l'exécution de notre travail inaugural.

Monsieur le Professeur CANELLAS nous a permis de mener à bien ces recherches ; il a bien voulu accepter de présider notre jury de thèse. Qu'il soit assuré de notre profonde reconnaissance et de toute notre affection respectueuse.

A Monsieur le Professeur CASTAGNOU, qui nous a fait le grand honneur de siéger dans notre jury, nous exprimons notre admiration pour la haute valeur de l'enseignement qu'il nous a prodigué.

Monsieur le Professeur COLLETER a bien voulu nous faire bénéficier de l'étendue de ses connaissances; ses conseils nous ont été particulièrement précieux. Nous l'assurons de nos sentiments les plus reconnaissants.

Que Monsieur le Professeur ROQUEBERT, qui nous a prêté son concours efficace, soit assuré de notre entier dévouement.

Nos remerciements vont encore à Monsieur Michel GADRET, Maître de Conférences agrégé, qui a pris avec bienveillance et autorité, connaissance de notre travail ; à Madame P. ROMAIN, Assistant et Monsieur B. DARTIGUES, Pharmacien Chimiste de la Marine, toujours prêts à nous offrir leur concours; à Monsieur Jean Pierre BRINDAMOUR, Docteur ès Sciences, dont la compétence en Hydrogéologie et la fidèle amitié nous ont été d'un grand secours.

Nous n'aurions garde enfin d'oublier tous nos camarades du Laboratoire de Pharmacodynamie et Hydrologie, qui contribuent à faire régner dans le service bonne humeur et esprit d'équipe, ainsi que Madame MABILON et Madame PERALES toujours si dévouées à notre égard.

ETUDE GEOCHIMIQUE DES EAUX DU MAESTRICHTIEN DE L'AQUITAINE SEPTENTRIONALE

--°--

I N T R O D U C T I O N

Les sources que nous nous sommes proposé d'étudier se trouvent localisées dans une région qui s'étend de Royan au sud de la Dordogne.

Cette région est caractérisée par la présence de calcaires du Crétacé supérieur et plus particulièrement du Maestrichtien, surmonté par des formations argilo-sableuses du Sidérolitique, ou marneuses de l'Oligocène inférieur et moyen.

Il semble donc nécessaire de donner quelques caractères généraux de cette région.

LE CRETACE.

CARACTERES GENERAUX.

Le terme Crétacé (11) provient du mot latin "creta" qui désigne la craie : roche calcaire blanche et tendre, qui affleure sur de vastes surfaces et plus particulièrement en Aquitaine. Il marque la fin du Secondaire.

Il est subdivisé en : Crétacé inférieur, peu crayeux, donc de nature plus détritique que le Crétacé supérieur qui, lui est essentiellement représenté par un calcaire tendre répondant à la définition du mot craie.

La limite inférieure du Crétacé est définie par l'émersion des continents lors de la fin du Jurassique.

Elle est caractérisée par des formations du type continental ou lagunaire, qui seront recouvertes par des assises plus marines du Crétacé inférieur, marquant le début d'une importante transgréssion qui va se poursuivre pendant toute cette période.

La fin du Crétacé et en même temps du Secondaire, est marquée par une importante régression caractérisée par une absence de sédimentation.

CRETACE SUPERIEUR	Danien : calcaire			
	Sénonien	*SUPERIEUR*	*Maestrichtien : craie*	
			Campanien..... : craie	
		INFERIEUR	*Santonien..... : craie*	
			Coniacien..... : craie	
	Turonien : craie marneuse			
	Cénomanien : sableux			
CRETACE INFERIEUR	Albien..... : argilo sableux			
	Aptien..... : calcaire marneux			
	Barrémien..... : " "			
	Hauterivien : " "			
	Valanginien : " "			

TABLEAU I - Les Subdivisions du Crétacé

LE CRETACE EN AQUITAINE (5) (fig.1).

Le Crétacé inférieur est inconnu aux affleurements en Aquitaine. Pendant cette période, les structures acquises durant le Jurassique sont attaquées par l'érosion continentale.

La transgression marine dans la région étudiée ne débute qu'au Crétacé supérieur avec le Cénomanien, peu épais, représenté par des grès verts, des sables et des calcaires.

Suit un Turonien puissant, constitué de calcaires légèrement marneux, souvent pétris de gros lamellibranches, puis de calcaires gréseux, ocres, dont la base, plus tendre a été dégagée par l'érosion, formant ainsi la ligne d'abris occupés par les hommes préhistoriques dans la vallée de la Drôme et celle de la Vézère (Coniacien).

Au-dessus du Coniacien nous trouvons une série de calcaires blancs entrecoupés de lits de silex noirs. Ils affleurent dans la région de Ribérac. Ils constituent le Santonien-Campanien ; ces deux étages ne peuvent être distingués que paléontologiquement. Enfin, des calcaires blancs en Charente et dans la région de Villamblard, en Dordogne, des calcaires gréseux, ocres, massifs, visibles dans la vallée de la Couze ainsi qu'à Bergerac. Cette série, rattachée à l'ultime étage du Crétacé (Maestrichtien) représente la dernière assise franchement marine pour l'Aquitaine où le Danien est absent.

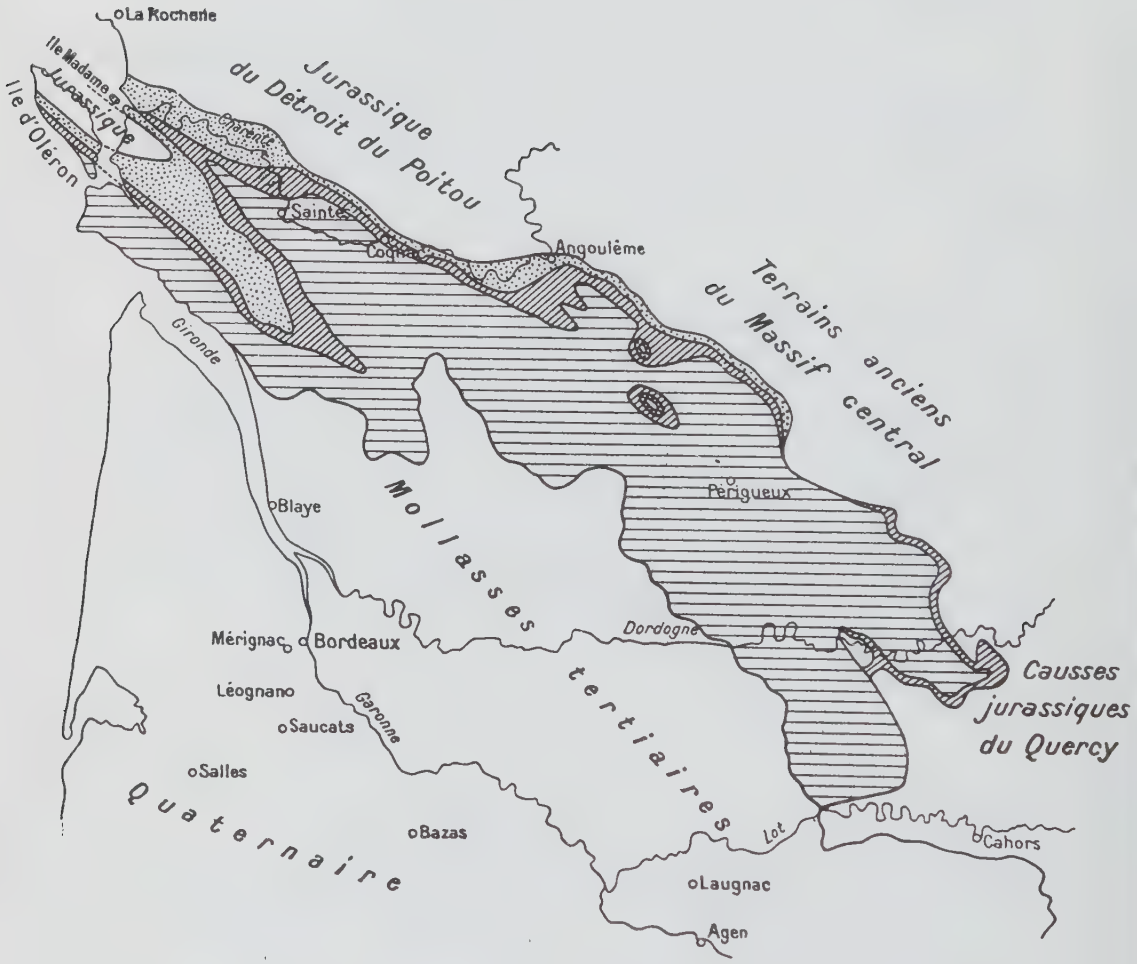
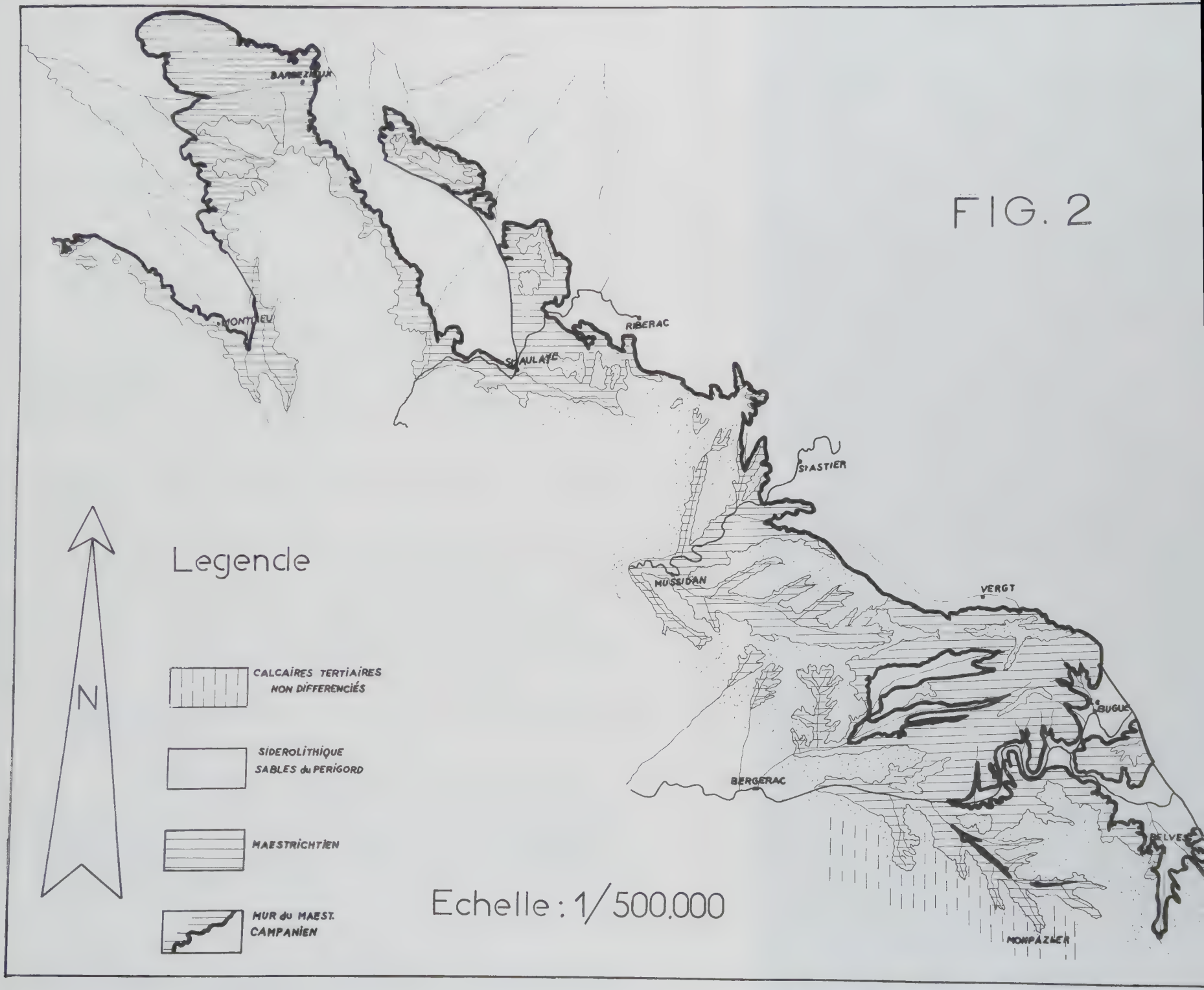


Fig. 1 — Carte géologique schématique indiquant les affleurements du Crétacé sup. dans le N de l'Aquitaine.

d'après GIGNOUX (11)

FIG. 2


BARBEZIEUX
MONTIGNAC
SAULAYE
RIBERAC
ST ASTIER
MUSSIDAN
VERGT
SIGUS
BERGERAC
MONPAZIER
Legende
N
CALCAIRES TERTIAIRES NON DIFFERENCIÉS
SIDEROLITHIQUE SABLES du PERIGORD
MAESTRICHTIEN
MUR du MAEST. CAMPANIEN
Echelle : 1/500.000

Ile
Ile d'Oléron

LE MAESTRICHTIEN EN AQUITAINE SEPTENTRIONALE (fig.2)

Les affleurements maestrichtiens en Aquitaine s'étendent de Royan jusqu'au sud de la Dordogne.

Les calcaires maestrichtiens se présentent sous deux types de faciès.

- Calcaires blancs au nord-ouest de Bergerac,
- Calcaires jaunes plus détritiques au Sud-est de Bergerac.

Un réseau karstique très étendu s'est formé au sein des calcaires maestrichtiens directement en contact avec la surface. Cela favorise une infiltration rapide des eaux de pluie. Par contre, un niveau inférieur peu perméable, permet un isolement de l'aquifère.

Quelques accidents tectoniques permettent des remontées d'eau à travers le Campanien (source Bayac par exemple).

On doit noter également trois lignes structurales orientées nord-ouest - sud-est, jouant un rôle important parmi les formations secondaires du Bassin Aquitain.

- l'anticlinal Cognac-Périgueux-St. Cyprien,
- le synclinal Saintes-Neuvic-St.Astier-Lalinde,
- l'anticlinal Jonzac-St.Avit Sénieur.

Sur les formations du Crétacé supérieur, reposent des dépôts datant de l'ère tertaire et principalement du Nummulitique.

Variations de faciès (38) du Maestrichtien.

En Charente-Maritime, le Maestrichtien se présente sous forme d'un calcaire crayeux blanc à Ostracées et Bryozoaires. En plaques minces, on voit apparaître un calcaire grumeleux, finement recristallisé, dolomitique et glauconieux (x).

(x) *Glauconie : Silicate hydraté de fer, de potassium et aluminium.*

En Charente, dans la région de Chalais, le calcaire subit un début d'altération argileuse. Il est un peu plus jaunâtre que l'antérieur et plus dur.

Vers l'est et le sud-est, ces calcaires blancs deviennent de plus en plus détritiques. C'est ainsi qu'à Ribérac et à Sourzac, affleurent des calcaires blanc - jaunâtre, marneux et légèrement détritiques.

Ce type de faciès disparaît définitivement au Sud-Sud-est de la vallée de la Crempse (alentours de Villamblard).

Il est remplacé dans le Bergeracois par un calcaire maestrichtien jaune, dur et cristallin. Il s'agit essentiellement d'un calcaire détritique, gréseux, cristallin et ferrugineux.

Le Maestrichtien se présente donc sous forme de calcaires blancs, tendres et légèrement dolomitiques en Charente-Maritime et sous forme de calcaires jaunes, détritiques,gréseux et ferrugineux dans le sud de la Dordogne.

Entre ces deux types de faciès, les calcaires du sud de la Charente et ceux du nord de la Dordogne sont d'un type intermédiaire, ils forment une zone de transition.

Ces trois types de faciès vont influencer la composition chimique des eaux issues du Maestrichtien.

LE NUMMULITIQUE (fig. 3).

Le Nummulitique, Paléogène ou Tertiaire inférieur, débute tout comme le Crétacé par une transgression marine qui recouvre d'importantes régions dont la partie du Bassin Aquitain située au sud d'une ligne partant des environs de Royan et passant par Coutras-Montauban-Montpellier.

1 2 3

1, Maximum d'extension des mers éocènes.
2, Zones de l'aire continentale européenne envahies seulement à l'Oligocène par des bras de mer ou des lagunes.
3, Massifs anciens.

Fig. 3. — Carte des grandes unités paléogéographiques l'Europe occidentale au Nummulitique, montrant la transgression oligocène.

d'après GIGNOUX (12)

Tout comme le Crétacé, il se termine par une régression.

D'autre part, deux faits sont à signaler durant cette période :

- l'achèvement du soulèvement pyrénéen pendant l'Eocène et,
- la formation des chaînes alpines pendant l'Oligocène.

LE PALEOGENE EN AQUITAINE (1) et (4).

Le Paléogène de l'Aquitaine septentrionale est caractérisé par ses variations de faciès : franchement marin dans la région de Bordeaux, lacustre dans l'Entre-deux-Mers, il devient de type continental à l'est de Bergerac.

		Blayais	*Entre-deux-Mers*	*Périgord Noir*
Oligocène	Aquitanien		Calcaire gris	
	Stampien	Calcaire	Calcaire	
		Marnes et calcaires de Castillon.		
	Sannoisien	Marnes à cérithes	Mollasse du Fronsadais sup.	
Eocène	Priabonien ou E. supérieur	Marnes	Calcaire d'Issigeac	Sables du Périgord
		Calcaire de St.Estèphe	Mollase du Fronsadais inf.	
		Calcaires lacustres		
		Sables		
		Marnes		
	Lutétien ou E. moyen	Marnes sableuses		
		Grès		Sidérolitiqu
	Eocène inf.	Sables		

TABLEAU II. Variations de faciès du Paléogène en Aquitaine Septentrionale.

Les calcaires maestrichtiens de la Charente et de la Dordogne sont recouverts en majorité par des formations sidérolitiques. Il n'y a que dans la région de Beaumont du Périgord que l'on voit apparaître les calcaires marneux ou lacustres de l'Eocène supérieur, du Sannoisien et du Stampien de l'Entre-deux-Mers.

LE SIDEROLITIQUE EN AQUITAINE SEPTENTRIONALE.(17)(fig.4).

Le Sidérolitique est une formation continentale complexe. On a choisi ce nom à cause de sa richesse en fer qui se trouve sous forme de rognons, pisolites ou concrétions, au point qu'il y fut exploité.

Mais on peut trouver également des sables, de l'argile et parfois en couverture des calcaires lacustres (plateau de Beaumont).

FLEURY (1909) le définit en ces termes :

"Sous le nom de Sidérolitique, on comprend toute une formation géologique très complexe et très spéciale, d'allure et d'aspect excessivement variables, ordinairement caractérisée par des minerais de fer en grains ou pisolites, lesquels ne représentent toutefois qu'une faible partie du dépôt. Ils sont, en effet, toujours très liés, mélangés ou subordonnés à des argiles ferrugineuses, à des terres réfractaires, à des sables siliceux, à des calcaires même".

Historique :

Ces dépôts furent autrefois très exploités.

Pendant très longtemps on attribua l'origine du Sidérolitique à des venues hydrothermales (6).

Actuellement, les dépôts du Sidérolitique sont condidérés comme des résidus d'altération, de dissolution, de concrétionnement et de métamorphisme hydrochimique.

On admet que le Sidérolitique s'est formé dans une plaine de piedmont (31) dans laquelle s'accumulaient des dépôts de démantèlement du Massif Central. Vers l'ouest,

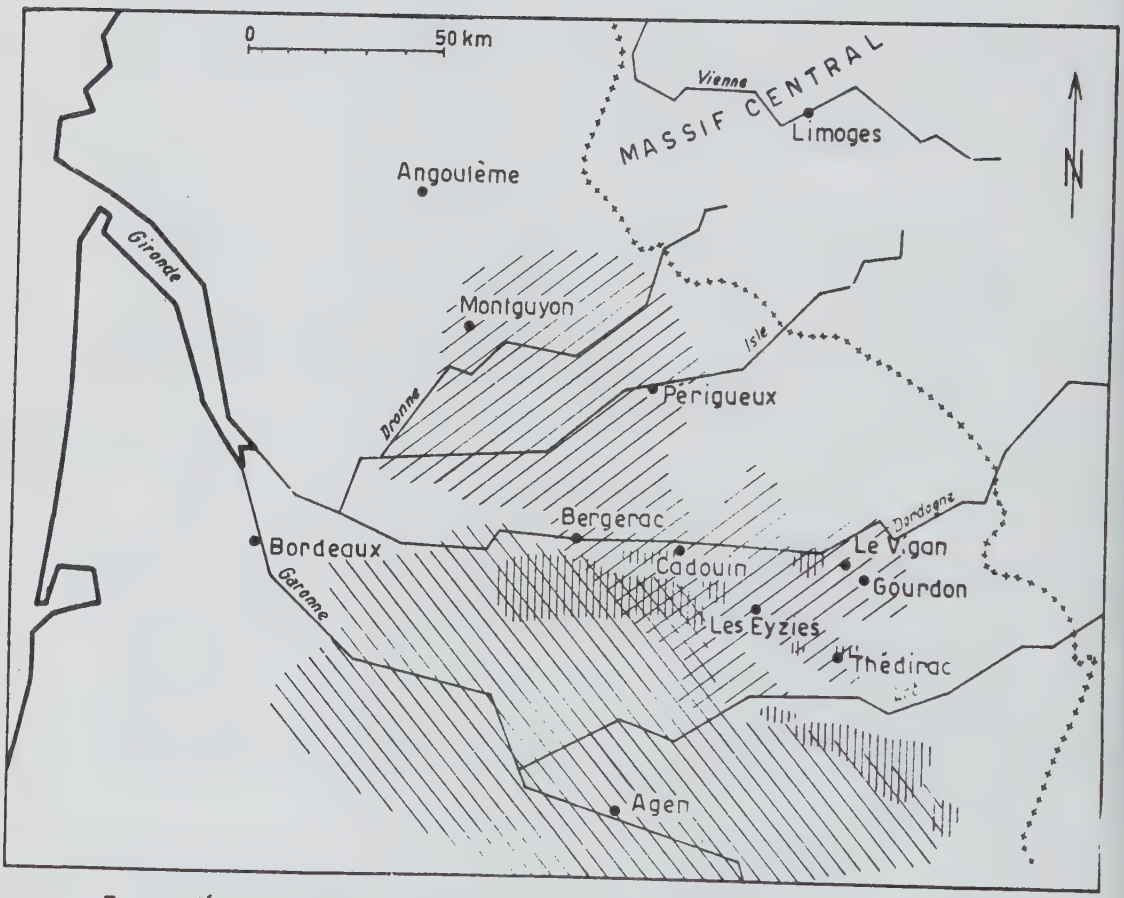


Fig. 4 Carte du Nord du bassin d'Aquitaine. Répartition des affleurements des principaux faciès continentaux du Nummulitique. (D'après KULBICKI, 1953.)

d'après MILLOT (17)

une plaine de base parsemée de lacs raccordés avec la mer où s'accumulaient des dépôts du type lacustre (mollasses) ; dans la plaine de piedmont les éléments arrachés au Massif Central : quartz, feldspath micas et autres ferromagnésiens qui auraient été attaqués par les eaux acides (eaux de ruissellement provenant du Massif Central). L'attaque des feldspath et des minéraux ferro-magnésiens explique la formation d'argiles blanches et rouges.

D'autre part durant toute l'époque tertiaire, la Charente et la Dordogne restent émergées ; sous l'influence d'un climat chaud, une altération continentale vigoureuse attaque les calcaires qui sont partiellement dissous et se couvrent de produits de décomposition.

Parfois, à l'intérieur même du calcaire, des cavités se creusent formant un premier système karstique.

Les produits de décomposition vont remplir des poches de décalcification formées au sein du calcaire.

On considère que le Sidérolitique constitue l'ensemble des produits de décomposition et des dépôts de démantèlement du Massif Central.

Sédimentation (14).

Le Sidérolitique forme d'épaisses couches comprenant de bas en haut :

- des matériaux détritiques grossiers constitués par des blocs entiers de matériaux consolidés, des galets, des graviers, des arènes, des sables à ciment kaolinique, des morceaux de silex, des concrétions ferrugineuses et même des débris de calcaires crétacés. Ils constituent les apports grossiers des cours d'eau en provenance du Massif Central,
- des quartzites blancs ou roses,
- sidérolitique sablo-argileux-ferrugineux provenant des terrains de décalcification des formations secondaires.
- argiles kaoliniques,
- sidérolitique verdâtre à argiles micacées.

Les argiles sont principalement représentées par de l'Illite et de la Montmorillonite. L'Illite est un silicoaluminate potassique de magnésium et fer dans lequel le magnésium et le fer occupent la place de l'aluminium mais sans savoir dans quelle proportion. La Montmorillonite est un silicoaluminate sodique de magnésium où le magnésium prend la place de l'aluminium.

LES SABLES DU PERIGORD.

C'est une formation constituée par des sables des argiles rouges ou versicolores, des graviers, de plus de 20 mètres d'épaisseur.

Ils se seraient formés pendant l'Eocène supérieur et l'Oligocène inférieur (39).

Vers l'Ouest, ces formations sableuses deviennent lacustres et sont représentées par des mollasses ludiennes et sannoisiennes ou calcaires stampiens.

Signalons pour la petite histoire, que ces passages des sables aux calcaires ont été étudiés depuis fort longtemps par un grand nombre de spécialistes dont M.P. DEGUILHEM, pharmacien à Monbahus.

Ces variations de faciès sont visibles sur la feuille de Villeréal (40).

Les sables du Périgord, sont donc une formation continentale avec des concentrations ferrugineuses. C'est un peu la continuation dans l'espace et dans le temps du Sidérolitique.

Disons en conclusion que le Sidérolitique et les Sables du Périgord doivent être considérés comme un type de faciès et non comme un étage. En effet on trouve des formations semblables situées au Carbonifère au Crétacé inférieur et à l'Eocène.

Avant d'aborder l'étude physico-chimique des eaux, il est peut-être utile de rappeler que l'alimentation de la nappe aquifère se fait principalement par l'eau depluie et accessoirement par l'infiltration et la disparition des cours d'eau.

Lorsque l'eau de pluie arrive en contact avec la surface de la terre, une partie est reprise par l'action d'évapotranspiration {[1]}, une autre ruisselle sur le sol et rejoint le réseau hydrographique : la fraction restante s'infiltre et s'intègre aux eaux souterraines (9).

Si P désigne la quantité d'eaux météoriques par unité de surface et par unité de temps, R le ruissellement, E l'évapotranspiration et N la quantité d'eau infiltrée, le bilan correspond à la relation suivante :

$$P = R + E + N \quad \{2\}$$

L'eau de pluie qui s'infiltre dans un terrain perméable descend, suivant les vides qu'elle rencontre, jusqu'à ce qu'elle se trouve en contact avec une structure imperméable ou de moindre perméabilité. Elle s'accumule au dessus de la roche pour constituer une nappe aquifère.

La base imperméable peut-être de nature lithologique différente (calcaire reposant sur du schiste), ou de même nature lithologique (calcaire fissuré reposant sur du calcaire plus compact). Ce dernier cas est celui du Maestrichtien, qui est un calcaire très fissuré reposant sur le calcaire Campanien compact.

L'eau qui s'infiltre à travers le calcaire, provoque un élargissement des fissures par un processus de dissolution tandis que la roche subit dans le même temps le phénomène d'érosion superficielle.

{[1]} *L'Evapotranspiration représente l'ensemble : évaporation physique au niveau du sol et absorption de l'eau par les racines.*

{[2]} *Voir (16), vol. 1, p. 195.*

Puis, l'action corrosive de l'eau continue à élargir ces fissures, jusqu'à constituer un véritable réseau de rivières souterraines, plus communément appelé "réseau karstique". {[1]}

Les calcaires du Maestrichtien de la Charente Maritime et de la Dordogne subissent ces deux types d'érosion : pendant l'époque Tertiaire, ces régions restent émergées, donc soumises aux altérations continentales, qui vont constituer à l'intérieur du calcaire un premier système karstique.

Puis vers le milieu du Tertiaire, se produit le soulèvement de la chaîne pyrénéenne qui est suivi d'une intense reprise de l'érosion provoquant ainsi une importante corrosion au sein des calcaires. Ceux-ci seront également attaqués par l'eau de pluie qui s'infiltre dans les fissures, les élargit par usure mécanique ou chimique, sculptant ainsi un deuxième réseau souterrain. Les rivières souterraines qui s'y enfoncent, abandonnent l'ancien système de conduits qui, devenu sec, sera fossilisé par les éboulis.

Dans les calcaires compacts, les réseaux karstiques constituent de véritables rivières souterraines drainant une quantité considérable d'eau (exemple : la source de Bayac).

Par contre, dans les calcaires plus friables, la roche s'éboule plus facilement et tend à remplir les vides, en entraînant avec elle les dépôts formés au-dessus.

Le Maestrichtien possède la particularité de répondre aux deux cas cités.

{[1]} *Karstique : de karst "Carso" en italien qui constitue dans l'Adriatique un des aspects les plus typiques et les plus complets de cette forme d'érosion.*

Nous allons donc trouver des sources provenant d'un réseau karstique important. Le débit de ces sources est relativement peu variable mais toujours élevé (exemple : source de Bayac).

Par contre, d'autres sources circulent dans des calcaires fissurés ou fracturés, plus ou moins bien remplis par les formations argilo-sableuses du Sidérolitique.

En effet, d'après l'état des fissures et du remplissage de celles-ci, nous aurons à considérer :

- Les eaux circulant à travers de larges fractures peu remplies par les formations argilo-sableuses, et dont le débit est extrêmement variable (exemple : source de Grand Fond).
- Les sources dont le réseau est constitué par des fissures très fines souvent remplies par le Sidérolitique où l'eau va cheminer très lentement. Le débit est faible mais relativement constant (exemple : source de Saint-Avit Sénieur).

Ces différents faits vont avoir, au même titre que les différences de constitution pétrographiques, une incidence dans la composition chimique des eaux.

LES SOURCES ETUDIEES.

Les sources que nous avons choisies sont pour la plupart d'entre elles, issues des calcaires du Maestrichtien de la Charente-Maritime et de la Dordogne.

En raison de la pauvreté en sources des calcaires de la Charente-Maritime nous avons dû nous limiter à six sources de cette région. Ce sont les sources de Fontbonne et les Aubineaux dans la commune de Neuvicq, du Bournais, Cottières et le Gat dans la commune de Montguyon et la source de Chepniers.

Par contre, dans les calcaires maestrichtiens de la Dordogne, beaucoup plus riches en sources, nous avons pu en étudier un plus grand nombre. Elles sont au nombre de dix-sept. Ce sont les sources de :

- Sourzac (source Couyette)
- Mussidan (source Neufonds)
- Jaures (source Communale)
- Villamblard (source communale et source Larigaudie)
- Queyssac (source des Deux Fonds)
- Laveyssière (source communale)
- St Jean d'Eyraud (source de Grand Fond et celle de la Vierge)
- Bourgnac (source Devigne)
- St Avit Sénieur (source communale)
- Molières (source du Moulin de Roumaguet et celle du Maurial)
- Montferrand du Périgord (source du Moulin de Channoy)
- St Avit Rivière (source du Coudert)
- Labouquerie (source Le Tronc)

A titre de comparaison, nous avons également joint à notre étude une source remontant à travers le Campanien (source du Roc des Capelots à Bayac) une autre provenant du Sidérolitique (source de Régagnac à Bouillac) ainsi que trois sources du Tertiaire mollassique de la région de Beaumont du Périgord (Les Peyrouliers à Lolme, Blanc à Nojals et Lucien à Naussanes).

Pour chacune de ces sources, nous avons effectués sur place, chaque fois que cela nous était possible, des mesures de débit, de température, de conductivité, de pH et d'acide carbonique libre.

Nous avons ensuite déterminé au Laboratoire l'ensemble des cations (Na^+, K^+, NH_4^+, Ca^{++}, Mg^{++}) et anions (HCO_3^-, Cl^-, NO_3^-, NO_2^-, SO_4^{--} et PO_4^{---}).

Six séries de déterminations ont été effectuées au cours des années 1969 et 1970. Elles se répartissent de la façon suivante :

- Une au mois de juillet 1969,
- Une deuxième en deux temps : fin août et mi-septembre 1969,

- Une troisième au mois d'octobre 1969
- Une suivante au mois de janvier 1970
- Les deux dernières au cours des mois de juin-juillet et septembre 1970.

Tous les résultats de ces analyses ainsi que les coordonnées des différentes sources sont rassemblés en annexe.

D'autre part, nous avons également effectué un dosage de l'acide monosilicique (H_4SiO_4)au mois de juillet 1969 (voir annexe, tableau I), un dosage de fer en janvier, juin-juillet et septembre 1970 (voir annexe, tableau II), ainsi qu'un dosage du manganèse, cuivre, aluminium, lithium, fluor, bore et sélénium au cours des mois de juin-juillet et septembre 1970.

Profitant d'un étiage prolongé au cours de l'été 1970, nous avons effectué une série de 150 déterminations de conductivité, de calcium et magnésium sur des eaux prélevées dans les calcaires maestrichtiens en Charente-Maritime, en Charente et en Dordogne.

Ces différents résultats ainsi que les rapports $\frac{rMg}{rCa}$ {1} et les coordonnées des sources sont rassemblés dans les tableaux XVII et XVIII.

Pour quelques unes d'entre elles, nous avons également effectué des dosages de chlorures, nitrates, sulfates, sodium, potassium et bicarbonates. Ces résultats sont rassemblés dans le tableau XIX.

Enfin, au cours de ce même étiage, nous avons prélevé une douzaine d'eaux provenant du Sidérolitique où nous avons effectué les mesures décrites antérieurement (voir tableaux XII et XIII).

{1} *La lettre "r" placée devant l'élément chimique signifie qu'il s'agit de mEq.*

LES METHODES D'ANALYSE.

I. Mesures réalisées sur place :

Les températures ont été notées à l'aide d'un thermomètre à mercure au dixième de degré centigrade, le pH, obtenu par méthode potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre portatif type EIL 30C, la résistivité, déterminée par un conductivimètre transistorisé type MC 1 MARK IV et ramenée à 20°C, température de référence.

L'anhydride carbonique libre a été dosé par neutralisation avec un excès de solution de NaOH N/40 et titré en retour par de l'acide chlorhydrique N/10 en présence de phénolphtaléine. C'est une méthode peu précise, mais elle présente l'avantage de pouvoir être réalisée sur place : on évite ainsi l'erreur entraînée par la perte d'anhydride carbonique au cours du transport.

II. Déterminations effectuées au Laboratoire :

- Les Cations :

Les Cations sodium et potassium ont été dosés par spectrophotométrie de flamme à l'aide d'un photomètre à flamme Coleman modèle 21.

Les cations calcium et magnésium ont été dosés globalement, dans un premier temps, par complexométrie au moyen du complexon III en présente de Noir ériochrome T. Le calcium a été déterminé par différence après dosage du magnésium, le calcium ayant été préalablement précipité par l'oxalate d'ammonium (21).

- Les Anions :

Les bicarbonates ont été déterminés par HCl N/10 en présence d'hélianthine (comme l'alcalinité de ces eaux est due essentiellement aux ions HCO_3^-, on peut associer le dosage de l'ion bicarbonate au T.A.C. ou titre alcalin complet).

Les chlorures ont été dosés par la méthode de Mohr (22)

Les nitrates, à l'aide du réactif sulfophéniqué de Grandval et Lajoux {[1]} (16). On obtient une coloration jaune susceptible de dosage spectrophotométrique à 420 mμ.

Les sulfates ont été obtenus par dosage néphélométrique à 420 mμ après précipitation avec le chlorure de baryum (37).

- *Eléments de potabilité chimique :*

Nous avons recherché les ions nitrites à l'aide du réactif de Griess (37), l'ion ammonium, avec le réactif de Nessler (23) et les phosphates, par la méthode céruléo-molybdique au chlorure stanneux (37).

La recherche de ces éléments étant négative, nous avons pensé que la majorité de ces eaux était potable. Malheureusement, après l'analyse bactériologique effectuée pendant l'étiage de 1970, la conclusion de l'examen de potabilité chimique, s'est trouvée infirmée.

- *Autres recherches :*

Le dosage de l'acide monosilicique exprimé en SiO_2 a été effectué par spectrophotométrie à 420 mμ après complexation avec l'acide molybdique (37).

Une série de dosages a été faite au mois de juillet 1969 (voir tableau I en annexe).

Le fer a été déterminé par la méthode au sulfocyanure de potassium {[2]} (16), puis dosage spectrophotométrique à 475 mμ . Trois séries de dosages ont été effectuées. (voir tableau II en annexe).

Le manganèse a été recherché par formation d'acide permanganique après oxydation périodique en présence de $AgNO_3$ (24).

{[1]} Voir (16), vol. 2, p. 317.

{[2]} Voir (16) vol. 2, p. 303.

Nous avons également recherché et dosé différents éléments susceptibles de se trouver dans les eaux à l'état de traces :

- les borates, après concentration de l'eau, ont été déterminés par la méthode au carmin en milieu acide sulfurique concentré, puis dosage spectrophotométrique à 585 mμ (28),
- le lithium par photométrie de flamme,
- le cuivre par formation d'un complexe coloré avec l'acétaldéhyde hydrazone oxalylhydrazide (25) puis dosage spectrophotométrique à 540 mμ ,
- l'aluminium par la méthode à l'aluminon, puis dosage par spectrophotométrie à 520 mμ (37),
- l'ion fluorure par la méthode au complexe alizarine - zirconyle (28),
- le Sélénium grâce à la formation d'un complexe coloré en jaune dans le toluène, le diphényldipiazsélénole que l'on peut évaluer par spectrophotométrie à 420 mμ (18) (29).

Il nous a paru nécessaire de calculer le pH équilibrant, l'acide carbonique équilibrant, ainsi que quelques rapports caractéristiques qui nous permettrons de mieux apprécier les différences de composition chimique.

Le pH d'équilibre (34) a été calculé d'après la formule suivante :

$$pH\ eq = \log \frac{K'c}{K'2} - \log \{Ca^{++}\} - \log \{HCO_3^-\}$$

Quant à l'acide carbonique équilibrant (35), nous l'avons obtenu par la formule :

$$H_2CO_3\ eq = \frac{K'c}{K'_1 . K'_2} . \{HCO_3^-\} . \{Ca^{++}\}$$

Dans ces expressions, K'_1,K'_2 et K'c représentent les constantes d'équilibre apparentes qui dépendent de la température et de la force ionique.

Les constantes d'équilibre thermodynamique s'écrivent : {1}.

$$K_1 = \frac{(H^+)\ (HCO_3^-)}{(H_2CO_3)} = 10^{-6,34}$$ {constante réelle de dissociation de H_2CO_3}

$$K_2 = \frac{(H^+)\ (CO_3^{--})}{(HCO_3^-)} = 10^{-10,25}$$ {constante réelle de dissociation de HCO_3^-}

$$Kc = (Ca^{++})\ (CO_3^{--}) = 10^{-8,32}$$ {produit de solubilité de $CaCO_3$}

On passe des activités aux concentrations molaires {2} en faisant intervenir les facteurs d'activités :

$$(H_2CO_3) = \gamma_o\ \{H_2CO_3\}$$
$$(HCO_3^-) = \gamma_1\ \{HCO_3^-\}$$
$$(CO_3^{--}) = \gamma_2\ \{CO_3^{--}\}$$
$$(Ca^{++}) = \gamma_{Ca}\ \{Ca^{++}\}$$

d'où :

$$K_1 = \frac{(H^+)\ .\ \gamma_1\ \{HCO_3^-\}}{\gamma_o\ \{H_2CO_3\}}$$

$$\frac{(H^+)\ .\ \{HCO_3^-\}}{\{H_2CO_3\}} = K_1\ \frac{\gamma_o}{\gamma_1} = K'_1$$

$$K_2 = \frac{(H^+)\ .\ \gamma_2\ \{CO_3^{--}\}}{\gamma_1\ \{HCO_3^-\}}$$

$$\frac{(H^+)\ .\ \{CO_3^{--}\}}{\{HCO_3^-\}} = K_2\ \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = K'_2$$

On laise (H^+) en activités car ce sont elles que l'on détermine en mesurant le pH.

{1} Les parenthèses ( ) = activités.
{2} Les parenthèses { } = concentration molaire.

$$Kc = \gamma Ca \{Ca^{++}\} . \gamma_2 \{CO_3^{--}\}$$

$$\{Ca^{++}\} . \{CO_3^{--}\} = \frac{Kc}{\gamma Ca . \gamma_2} = K'c$$

Ces facteurs d'activités varient eux-mêmes en fonction de la force ionique (μ) et de la température.

$$\mu = \frac{1}{2} Cn . Zn^2$$ où C = concentration molaire et Z = valence de l'ion

A 25°C on obtient les valeurs :

$pK'_1 = 6,34 - 0,119\ \mu$ {1}

$pK'_2 = 10,25 - 0,382\ \sqrt{\mu}$ {1}

$pK'c = 8,32 - 4\ \sqrt{\mu}$ {2}

D'où :

$$\log \frac{K'c}{K'_2} = 1,93 + 3,618\ \sqrt{\mu}$$

et :

$$\log \frac{K'_2}{K'c . K'_1} = 4,41 - 0,119\mu + 3,618\sqrt{\mu}$$

Par conséquent, nous pouvons dire que le pH eq et H_2CO_3eq varient suivant la force ionique (μ) de la solution et la température.

Nous nous sommes alors reportés aux tables (32) existant déjà donnant les valeurs à ajouter au pH eq et à H_2CO_3 eq pour les diverses températures.

{1} *D'après Mac Innes et Belcher cité in (34) p. 276.*

{2} *D'après Frear et Johnson (1929) cité in (34) p. 276.*

Les constantes d'équilibre thermodynamique s'écrivent : {1}.

$$K_1 = \frac{(H^+)\ (HCO_3^-)}{(H_2CO_3)} = 10^{-6,34}$$ {constante réelle de dissociation de H_2CO_3}

$$K_2 = \frac{(H^+)\ (CO_3^{--})}{(HCO_3^-)} = 10^{-10,25}$$ {constante réelle de dissociation de HCO_3^-}

$$Kc = (Ca^{++})\ (CO_3^{--}) = 10^{-8,32}$$ {produit de solubilité de $CaCO_3$}

On passe des activités aux concentrations molaires {2} en faisant intervenir les facteurs d'activités :

$$(H_2CO_3) = \gamma_o\ \{H_2CO_3\}$$
$$(HCO_3^-) = \gamma_1\ \{HCO_3^-\}$$
$$(CO_3^{--}) = \gamma_2\ \{CO_3^{--}\}$$
$$(Ca^{++}) = \gamma_{Ca}\ \{Ca^{++}\}$$

d'où :

$$K_1 = \frac{(H^+)\ .\ \gamma_1\ \{HCO_3^-\}}{\gamma_o\ \{H_2CO_3\}}$$

$$\frac{(H^+)\ .\ \{HCO_3^-\}}{\{H_2CO_3\}} = K_1\ \frac{\gamma_o}{\gamma_1} = K'_1$$

$$K_2 = \frac{(H^+)\ .\ \gamma_2\ \{CO_3^{--}\}}{\gamma_1\ \{HCO_3^-\}}$$

$$\frac{(H^+)\ .\ \{CO_3^{--}\}}{\{HCO_3^-\}} = K_2\ \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = K'_2$$

On laise (H^+) en activités car ce sont elles que l'on détermine en mesurant le pH.

{1} Les parenthèses ( ) = activités.
{2} Les parenthèses { } = concentration molaire.

$$Kc = \gamma Ca \{Ca^{++}\} . \gamma_2 \{CO_3^{--}\}$$

$$\{Ca^{++}\} . \{CO_3^{--}\} = \frac{Kc}{\gamma Ca . \gamma_2} = K'c$$

Ces facteurs d'activités varient eux-mêmes en fonction de la force ionique (μ) et de la température.

$$\mu = \frac{1}{2} Cn . Zn^2$$ où C = concentration molaire et Z = valence de l'ion

A 25°C on obtient les valeurs :

$pK'_1 = 6,34 - 0,119\ \mu$ {1}

$pK'_2 = 10,25 - 0,382\ \sqrt{\mu}$ {1}

$pK'c = 8,32 - 4\ \sqrt{\mu}$ {2}

D'où :

$$\log \frac{K'c}{K'_2} = 1,93 + 3,618\ \sqrt{\mu}$$

et :

$$\log \frac{K'_2}{K'c . K'_1} = 4,41 - 0,119\mu + 3,618\sqrt{\mu}$$

Par conséquent, nous pouvons dire que le pH eq et H_2CO_3eq varient suivant la force ionique (μ) de la solution et la température.

Nous nous sommes alors reportés aux tables (32) existant déjà donnant les valeurs à ajouter au pH eq et à H_2CO_3 eq pour les diverses températures.

{1} *D'après Mac Innes et Belcher cité in (34) p. 276.*

{2} *D'après Frear et Johnson (1929) cité in (34) p. 276.*

- *Comparaison avec d'autres méthodes de calcul :*

Nous avons comparé nos résultats avec ceux que nous aurions obtenu avec la méthode graphique de Tillmans et celle de Hoover et Langelier (19). Les valeurs obtenues sont sensiblement les mêmes.

Exemple : Pour la source Fontbonne prélevée le 19. 7.69, le pH équilibrant calculé d'après la formule décrite précédemment est de 7,27, par la méthode de Tillmans on obtient un pH équilibrant de 7,3 et par la méthode de Hoover et Langelier il est égal à 7,25.

Il faut dire que les conditions se prêtent particulièrement bien à l'application de ces formules, qui font toutes intervenir, soit la concentration en ions Ca^{++}, soit la concentration en ions HCO_3^-, soit les deux.

Par ailleurs, comme dans ces eaux, ces deux concentrations sont sensiblement égales, le choix de la méthode est par conséquent indifférent.

Enfin, nous avons calculé les rapports $\frac{rMg}{rCa}$, $\frac{rNa}{rCa}$, $\frac{rNa}{rMg}$, $\frac{rSO_4}{rCl}$ ainsi que l'indice de déséquilibre chloro-alcalin :

$$i.d. = \frac{r\ Cl - r\ (Na + K)}{r\ Cl}$$

--°--

Chapitre I

CARACTERISTIQUES GENERALES DES SOURCES

PROVENANT DU MAESTRICHTIEN

Leurs eaux sont faiblement minéralisées. En effet la résistivité oscille entre 1800 et 3000 ohm/cm. Elle ne dépasse ces valeurs pour certaines sources que lors de fortes crues.

Ces résistivités correspondent à des résidus secs compris entre 240 et 400 mg/l.

La résistivité, et par conséquent la minéralisation globale, varient suivant la nature des terrains que traverse l'eau et suivant les saisons.

La température et le débit sont très variables, ils varient surtout en fonction des influences climatologiques.

Le pH est voisin de la neutralité, sauf pour la source de Sourzac qui possède un pH voisin de 7,5 ; ceci s'explique par le fait que l'eau circule dans un réseau extrêmement aéré et que lorsqu'elle arrive à la surface, elle a déjà perdu pratiquement tout son anhydride carbonique libre.

Le calcul du pH d'équilibre et de l'acide carbonique équilibrant, nous a permis de constater que ces sources sont, pour la plupart d'entre elles, en équilibre ou légèrement agressives lorsqu'elles atteignent la surface. Ceci signifie que le pH équilibrant est supérieur

au pH de l'eau et que le taux calculé d'acide carbonique équilibrant est inférieur à celui de l'acide carbonique libre. Mais, dès qu'elles émergent, ces eaux perdent progressivement leur acide carbonique ce qui entraîne une augmentation du pH et une précipitation du $CaCO_3$.

Néanmoins, quelques sources sont déjà du type précipitant au griffon : c'est le cas de Sourzac qui possède comme nous l'avons déjà dit un réseau aéré, c'est aussi celui de la source de Neufonds qui se trouve à la limite de la précipitation (acide carbonique équilibrant sensiblement égal à l'acide carbonique libre) et qui possède également un réseau karstique aéré ainsi que celui des sources de Bayac et de Saint Avit Sénieur.

Il est intéressant de remarquer, qu'en période de crue, le taux d'acide carbonique libre prend une valeur très voisine de celui de l'acide carbonique équilibrant ; les eaux se trouvent alors à la limite de la précipitation et quelques unes sont mêmes alors franchement de type précipitant : Régagnac et Lolme.

Pour ces eaux, le cation le plus important est le calcium. Il varie généralement entre 4 et 7 mEq/l. Il peut être inférieur à 3,5 pour certaines sources en période de crue. C'est le cas des sources de Sourzac, Neufonds, Villamblard, Grand Fond et Laveyssière.

Les variations des teneurs en calcium et en bicarbonates qui sont parallèles dépendent surtout des facteurs locaux et climatologiques.

Le magnésium se trouve en quantité très faible (0,2 à 0,5 mEq/l), mais c'est un élément très intéressant car il nous permettra d'établir une classification des sources à partir des rapports $\frac{rMg}{rCa}$.

Le sodium et le potassium proviennent pour la plus grande partie de l'eau de pluie. Leur concentration varie de 0,2 à 0,6 mEq/l pour l'ion Na^+ et ne dépasse jamais 0,2 mEq/l pour l'ion K^+, les valeurs normales étant situées entre 0,05 et 0,1 mEq/l.

Ils jouent, au même titre que les chlorures également apportés par la pluie, un rôle très important dans la mesure où ils permettent d'établir une classification suivant les terrains traversés. A ce titre, l'indice de déséquilibre chloro-alcalin est très significatif.

Quant aux nitrates et aux sulfates, ils sont extrêmement variables d'une source à l'autre et dans le temps. Ils joueront également un rôle très important dans la classification des eaux, suivant leur origine ou le trajet parcouru.

Il semble intéressant de signaler que l'acide monosilicique se trouve en petites quantités dans les eaux souterraines que nous avons étudiées, malgré la présence de minéraux silicatés dans les terrains parcourus par ces eaux (voir dosage de l'acide monosilicique en annexe tableau I).

Cela provient du fait que l'acide monosilicique (H_4SiO_4) voit sa solubilité augmenter à partir de pH = 9 alors qu'en-dessous de celui-ci, il en est indépendant.

Par ailleurs, nous n'avons décelé aucune trace de manganèse dans les eaux. Cela semble assez logique, car tout comme le fer (33), le manganèse est soluble en milieu acide et réducteur. Les eaux en provenance du Maestrichtien possèdent pour la plupart d'entre elles, un pH voisin de 7. D'autre part, elles circulent dans un réseau karstique important et sont donc en contact permanent avec l'oxygène de l'air. Cela explique leur faible teneur en fer (voir les résultats des dosages du fer en annexe tableau II) et l'absence de manganèse, malgré la richesse en ces deux éléments du Sidérolitique et des calcaires jaunes de la Dordogne.

Les borates n'ont pu être décelés par la méthode utilisée. Les taux de cuivre et d'aluminium sont toujours inférieurs à 0,015 mg/l. Ceux du lithium oscillent entre 0,003 et 0,005 mg/l.

Quant aux fluorures, ils se trouvent à l'état de traces dans les eaux issues de l'Oligocène ce qui laisse supposer que cette formation contient des fluorures en faibles quantités (vraisemblablement sous forme d'Apatite).

Les sources où nous avons trouvé des fluorures sont :

	Juin 1970	*Septembre 1970*
Les Peyrouliers.....	0,05 mg/l	0,15 mg/l
Blanc.....	0,02 mg/l	0,10 mg/l
Lucien.....	0,02 mg/l	0,10 mg/l

Dans ces conditions, comme nous le verrons plus loin, seul le sélénium s'est avéré susceptible de fournir des renseignements intéressants sur l'origine et le trajet des différentes sources.

Pour situer les caractéristiques de ces eaux, il nous est apparu commode de donner la composition des eaux les plus typiques d'après le mode de représentation graphique décrit par le Pr. SCHOELLER (32). Voir en annexe graphiques n°1 à 6.).

L'auteur utilise les diagrammes semi-logarithmiques. Sur l'axe des abscisses, il dispose à intervalles réguliers et successivement de gauche à droite, les radicaux rCa, rMg, rNa+rK, rCl, rSO_4,$rHCO_3$ et porte sur l'axe des ordonnées, gradué suivant une échelle semi-logarithmique, le nombre des milliéquivalents de chacun des radicaux. Les points obtenus sont reliés par des droites.

L'intérêt de cette représentation est d'offrir une meilleure comparaison des résultats à partir de graphiques plus nets que les diagrammes arithmétiques à réduction en %.

Ces graphiques traduisent assez clairement les différences de composition chimique des eaux et permettent de suivre les variations dans le temps au niveau d'une même source.

--°--

Chapitre II

INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DE SOURCES

Nous envisagerons successivement les rapports des caractéristiques physiques usuelles et de la teneur en certains éléments avec les facteurs climatiques.

- 1. Température :

La majorité des eaux ont des températures qui varient avec la température extérieure. Ceci est normal losqu'elles proviennent de sources superficielles. Elles ont donc tendance à se mettre en équilibre thermique avec les terrains dans lesquels elles circulent. Par conséquent, en règle générale, la température est plus élevée en période d'été qu'en période d'hiver.

Néanmoins, quelques unes d'entre elles sont peu influencées par la température extérieure et, comme nous le verrons, cela ne peut-être dû qu'aux conditions de la circulation de l'eau dans le réseau.

- 2. Résistivité :

La Résistivité et en même temps la minéralisation des eaux varie en fonction des facteurs météorologiques. Elle est plus élevée en période de crue qu'en période d'étiage. Ce phénomène est très marqué pour les sources à débit variable (exemple de la source de Grand Fond dont le débit était de 80 l/s au mois de janvier 1970

et de 3,1 l/s au mois de juin : la résistivité passait alors de 4 420 à 2 040 ohms/cm).

En période d'été, l'évapotranspiration est intense et les chutes de pluie sont faibles. Il y a donc concentration des éléments dissous dans l'eau. Par contre en hiver, l'évapotranspiration est faible et les chutes de pluie importantes ce qui provoque une dilution des eaux des sources.

Il est bon de noter la stabilité de la résistivité de l'eau parmi les sources à faibles variations de débit, comme c'est le cas pour les sources de Saint Avit Sénieur, Lolme, Bayac...

Exemple		*Débit en l/s*	*Température en °C*	*Résistivité en ohms/cm*
Saint Avit Sénieur	janvier 1970	1,4	13,8	1760
	septembre 1970	0,3	13,9	1817
Bayac.....	janvier 1970	45,0	15,5	3307
	septembre 1970	29,0	15,9	2956

TABLEAU III - illustrant les variations de Débit, de Température et de Résistivité en fonction des facteurs climatiques.

- 3. pH, acide carbonique, bicarbonate et calcium.

Le pH est peu influencé par les facteurs météorologique. . En effet, il varie surtout en fonction des concentrations en acide carbonique libre et en carbonate de calcium présents dans l'eau.

L'acide carbonique libre provient dans sa presque totalité de la dégradation des matières organiques contenues dans le sol.

Mais tandis que le CO_2 a tendance à se dégager à la surface du sol, sa tension paraît augmenter avec la profondeur (32). Ceci va se traduire en période de crue,

grâce à l'apport considérable d'eau, par une dilution de l'acide carbonique ainsi que celle du carbonate de calcium.

C'est ce qui explique la baisse d'acide carbonique libre que nous avons constatée lors des mesures effectuées au courant du mois de janvier 1970.

Comme cette diminution d'acide carbonique libre est compensée par une baisse de carbonate de calcium, en conséquence, le pH ne varie pratiquement pas.

La chute du taux des ions bicarbonate et calcium dans les eaux, entraîne une diminution du pH équilibrant et de l'acide carbonique équilibrant.

Exemple		*pH*	*CO_2 libre en mg/l*	*HCO_3^- en mEq/l*	*Ca^{++} en mEq/l*	*pH eq*	*CO_2 eq en mg/l*
hepniers	janv.1970	7,05	22,1	4,7	4,76	7,45	19,8
	sept.1970	7,1	26,4	5,0	5,0	7,4	24,0
ourzac	janv.1970	7,5	1,1	3,35	3,4	7,7	8,1
	sept.1970	7,35	7,7	3,95	3,87	7,58	12,6
ueyssac	janv.1970	7,0	22,9	4,5	4,24	7,56	16,1
	sept.1970	6,9	42,8	5,15	5,03	7,41	24,3

TABLEAU IV - indiquant les variations de pH, acide carbonique libre, pH équilibrant, acide carbonique équilibrant et du taux des ions bicarbonate et calcium en fonction des facteurs climatiques.

- 4. Les Nitrates :

Ils proviennent de la décomposition des matières organiques azotées, réalisée par les bactéries du sol. En été, à cause du réchauffement, elle est plus intense qu'en hiver.

D'autre part, l'évaporation qui se produit l'été, provoque une élévation de la concentration des sels minéraux au niveau du sol.

Nous rappellerons que le sol est la partie superficielle des roches, altérée au contact de l'atmosphère et des êtres vivants (27) ; c'est un ensemble constitué de matière minérale provenant de la roche mère et de matière organique provenant des êtres vivants. La matière organique et minérale présente dans le sol, est le support de la vie bactérienne.

En Charente Maritime et en Dordogne, le sol est le plus souvent constitué par les formations argilo-sableuses du Sidérolitique. C'est pour cela que l'influence du Sidérolitique sur la teneur en certains éléments des eaux est confondu très souvent avec celle du sol. C'est ainsi que le Sidérolitique peut avoir une double influence sur la composition chimique des eaux : par sa nature argilo-sableuse et par les caractéristiques liées à son rôle de sol.

Donc les nitrates, provenant du métabolisme bactérien et accumulés pendant l'été, vont être repris par les premières pluies de l'automne ; les eaux de sources se trouveront ainsi enrichies en nitrates à cette période de l'année.

On le constate expérimentalement par une augmentation brutale de leur teneur lors des prélèvements de janvier 1970. Puis celle-ci diminue lors du lessivage des terrains par les pluies.

Il faut excepter toutefois les sources qui possèdent un trajet qui les met au contact des sables argileux du Sidérolitique ou des calcaires mollassiques de l'Oligocène, car ce sont des formations très riches en nitrates. Leurs eaux ont donc des concentrations en cet élément beaucoup plus stables et toujours plus élevées en toute saison. Nous pouvons citer à titre d'exemple, les sources de Lolme, Blanc, Lucien, Régagnac, Saint Avit Sénieur,... (voir également tableau V).

Mais, comme le montre le tableau ci-après, nous pouvons dire en règle générale, que pendant la période de sécheresse qui correspond à un maximum d'activité bactérienne, les eaux sont pauvres en nitrates. Par contre, lors des premières pluies, celles-ci vont entraîner les nitrates formés au niveau du sol durant l'été et provoquer un enrichissement de cet élément dans les eaux de sources.

Exemple

		Nitrates en mEq/l			*Nitrates en mEq/l*
Jaures	janvier 70 septembre 70	0,35 0,01	Sourzac	janvier 70 septembre 70	0,27 0,06
Lolme	janvier 70 septembre 70	0,52 0,43	Nojals	janvier 70 septembre 70	0,31 0,19

TABLEAU V - *indiquant les variations des teneurs en nitrates dans les eaux de sources en fonction des facteurs climatiques.*

- 5. *Sulfate et Magnésium :*

Logiquement, les ions sulfate et magnésium devraient diminuer en période de crue. Mais, lorsqu'une source possède sa zone d'alimentation au niveau des formations argilo-sableuses du Sidérolitique, sa concentration en ions magnésium et sulfate augmente sensiblement.

Cela provient du fait que les formations argilo-sableuses sont riches en sulfates et en magnésium.

En conséquence, en période d'étiage, sous l'effet de l'évapotranspiration, les eaux superficielles, (en contact avec le sol, qui dans ce cas est argileux) ont une concentration en sulfates et en magnésium accrue. (voir tableaux XII et XIII).

Lors des premières pluies, celles-ci vont entraîner ces sels et les faire pénétrer dans la nappe profonde, ce qui entraîne une augmentation de leur concentration. Puis un lessivage intense se produit pendant les périodes de crues, entraînant une diminution du taux de ces éléments.

Il est à noter que les eaux des sources des calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime ont des concentrations en ions sulfate et magnésium relativement élevées par rapport à celles des eaux de la Dordogne. (voir tableaux XVII à XX).

Ceci laisserait supposer qu'elles ont une alimentation au niveau des argiles. Mais contrairement aux sources des calcaires maestrichtiens de la Dordogne, on n'observe pas d'augmentation brusque de ces deux éléments en période de crue et nous verrons plus loin que l'indice de déséquilibre chloro-alcalin est toujours pratiquement nul. Cela tend à prouver que leur zone d'alimentation se trouve dans le calcaire. Celui-ci étant légèrement dolomitique, le magnésium et les sulfates y sont en quantités plus importantes qu'en Dordogne.

Ce phénomène s'explique par le fait que la sédimentation dolomitique s'est souvent accompagnée d'une sédimentation des évaporites. {1}

Deux sources qui proviennent du Maestrichtien de la Dordogne sont également riches en sulfates : ce sont les sources de Labouquerie et de Saint Avit Sénieur. Mais nous le verrons plus loin, leur origine semble être différente : ces eaux ont un contact quasi permanent avec le Sidérolitique.

Exemple :

		Sulfates en mEq/l	*magnésium en mEq/l*	$\frac{r\ SO_4}{r\ Cl}$	$\frac{r\ Mg}{r\ Ca} \times 10^{-2}$
Mn. de Roumaguet	janv.1970	0,2	0,38	0,6	6,5
	sept.1970	0,14	0,2	0,4	3,4
Le Maurial	janv.1970	0,18	0,36	0,56	6,8
	sept.1970	0,1	0,17	0,28	3,1
Mn. de Channoy	janv.1970	0,16	0,28	0,4	5,1
	sept.1970	0,07	0,2	0,19	3,7

TABLEAU VI - montrant les variations des teneurs en sulfates, en magnésium et celle des rapports $\frac{r\ SO_4}{r\ Cl}$, $\frac{r\ Mg}{r\ Ca}$ *en fonction des facteurs climatiques.*

{1} *Evaporites : ce sont des sels solubles qui ne se déposent qu'à condition d'exister à des concentrations élevées c'est-à-dire, après avoir été soumis à une évaporation intense. Ce sont les chlorures, les sulfates, le magnésium, le sodium...*

- 6. *Chlorures, Sodium et Potassium :*

Les modifications les plus intéressantes liées aux facteurs climatologiques, sont celles qui touchent les ions chlorure, sodium et potassium.

L'eau de pluie est déjà minéralisée lorsqu'elle arrive au contact du sol. Cette minéralisation varie en fonction de la proximité de la mer.(36).

De plus, sa composition varie au cours de l'année. Elle est plus minéralisée aux premières pluies d'automne qu'aux dernières pluies du printemps (13).

Leurs concentrations en ions sodium, potassium et chlorure y sont très importantes surtout près des côtes.

Les terrains peuvent modifier les concentrations en sodium et en potassium par suite des phénomènes d'échanges de cations, mais leur influence est faible sur les chlorures. Seule l'action des racines qui absorbent les sels peut au niveau du sol modifier la teneur des chlorures.

En dehors de cette action, la concentration des ions chlorures n'est influencée que par l'évapotranspiration.

Cela se traduit par leur augmentation dans les eaux au début des crues.

Ce fait s'explique de la façon suivante : lors de la période de sécheresse, les chlorures sont concentrés dans le sol par l'action d'évapotranspiration. L'eau apportée par les premières pluies s'en charge. Suivant la profondeur de la nappe, elles l'atteindront plus ou moins vite, l'enrichissant ainsi en chlorure (36).

Mais les pluies suivantes lessivent le terrain, l'appauvrissent en ion chlorure ce qui a pour effet de diminuer son taux dans les eaux de sources.

C'est pour cette raison que les prélèvements du mois de septembre 1969 que nous avons eu la possibilité d'effectuer immédiatement après les fortes pluies {[1]} font ressortir dans leur ensemble une augmentation de l'ion chlorure.

{[1]} *200 mm de pluies à Montpazier (2).*

Liée à celle-ci, nous avons également observé une augmentation des ions sodium qui correspond sensiblement à celle des ions chlorure. Ce phénomène est normal en raison de l'importance des précipitations qui empêchent tout échange ionique (Indice de déséquilibre chloro alcalin = 0) {[1]}.

Par contre au mois de janvier, le terrain avait été déjà partiellement lessivé lorsque nous avons étudié la composition de l'eau. Nous avons constaté une diminution des chlorures dans la plupart des cas, sauf en ce qui concerne la source de Bayac qui, elle, présente une élévation dans sa teneur en chlorures. Ceci s'explique par le fait que cette source provient d'une nappe beaucoup plus profonde que les autres, comme en témoigne sa température toujours plus élevée, donc la pénétration des sels dissous se fait plus tardivement.

Soulignons que la concentration en chlorures est plus élevée pour les sources issues des calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime que pour celles provenant du même étage de la Dordogne. (Voir dosages des chlorures en annexe et tableaux XIX et XX). Ceci s'explique par la proximité de la mer.

Le fait que l'ion chlorure des eaux souterraines provienne uniquement de l'eau de pluie, permet de calculer le coefficient d'alimentation des nappes. Il suffit alors de connaître la pluviométrie et les concentrations de cet ion dans l'eau de pluie. (36).

{[1]} *Cet indice exprime le rapport :*

$$\frac{r\,Cl - r\,(Na + K)}{r\,Cl}$$

(voir p.51)

Exemple :

		Na^+ en mEq/l	K^+ en mEq/l	Cl^- en mEq/l	i.d.
Les Aubineaux	septembre 69	0,55	0,32	0,84	-0,02
	janvier 70	0,41	0,13	0,56	0,03
	septembre 70	0,56	0,2	0,63	-0,2
Jaures	septembre 69	0,41	0,01	0,43	0,0
	janvier 70	0,31	0,01	0,34	0,05
	septembre 70	0,25	0,01	0,35	0,28
Laveyssière	septembre 69	0,46	0,07	0,53	0,0
	janvier 70	0,32	0,05	0,38	0,02
	septembre 70	0,4	0,05	0,52	0,14

TABLEAU VII - indiquant les variations en ions sodium, potassium, chlorure et celles de l'indice de déséquilibre chloro-alcalin (i.d.).

- 7. Commentaires :

Dès la reprise du drainage, on pourra constater l'augmentation des teneurs en ions nitrate, chlorure, sulfate, sodium, potassium et magnésium dans les eaux souterraines. Cette augmentation sera largement compensée par une nette chute de la concentration en ions calcium et bicarbonate. Cela explique la diminution de la minéralisation globale notée même dans le cas où l'eau a été prélevée immédiatement après de fortes précipitations (prélèvements du mois de septembre 1969).

Puis intervient la période de lessivage des terrains. Il provoque au début une diminution globale de tous les ions à l'exception des nitrates, sulfates et magnésium qui se trouvent en grande quantité au niveau des formations argileuses. (voir tableaux XII et XIII).

Il s'ensuit une augmentation de la concentration en ces ions dans les eaux.

Il est intéressant de constater que la vitesse d'apparition ne semble pas être la même pour tous les éléments.

En effet, nous observons une concentration plus importante en ions chlorure, sulfate et sodium lors des prélèvements effectués en septembre 1969, si nous les comparons aux valeurs correspondantes obtenues au mois de janvier 1970. De même, en septembre 1969 par rapport aux prélèvements antérieurs, l'augmentation des sulfates est relativement plus importante que celle des chlorures.

Les différents rapports (comme on peut le constater dans le tableau VIII) sont à cet égard significatifs :

- En septembre 1969, les rapports $\frac{r\ Mg}{r\ Ca}$ sont pratiquement les mêmes que ceux de juillet 1969 ; il y a dilution des cations magnésium et calcium.

Les rapports $\frac{rNa}{rMg}$ et $\frac{rNa}{rCa}$ augmentent sensiblement.

Le rapport $\frac{rSO_4}{rCl}$ augmente sensiblement par rapport au mois de juillet 1969, il y a augmentation de concentration des deux ions, mais alors que celle de l'ion chlorure passe en moyenne de 0,35 à 0,45 mEq/l, celle de l'ion sulfate passe de 0,01 à 0,1 mEq/l.

- En janvier 1970, nous constatons par rapport à l'ensemble des déterminations une augmentation sensible du rapport $\frac{rMg}{rCa}$ par suite de l'accroissement de la concentration en ion magnésium et de la diminution de la teneur en ion calcium.

Le rapport $\frac{rNa}{rMg}$ diminue très nettement à cause de la baisse de la concentration en ion sodium par lessivage du terrain et de l'augmentation de la teneur en ion magnésium.

Le rapport $\frac{rSO_4}{rCl}$ s'élève à cause d'une augmentation de la concentration de l'ion sulfate et de la diminution de la concentration en ion chlorure.

Exemples :

		$\frac{r\ Mg}{r\ Ca} \times 10^{-2}$	$\frac{r\ Na}{r\ Ca} \times 10^{-2}$	$\frac{r\ Na}{r\ Mg}$	$\frac{r\ SO_4}{r\ Cl}$
Neufonds	juillet 69	7,2	7,6	1,05	0,24
	septembre 69	8,2	11,0	1,34	0,28
	janvier 70	19,6	9,3	0,47	0,44
Moulin de Roumaguet	juillet 69	3,1	4,0	1,3	0,14
	septembre 69	5,3	7,5	1,4	0,5
	janvier 70	6,5	5,0	0,76	0,6
Moulin de Channoy	juillet 69	3,6	4,0	1,1	0,05
	septembre 69	5,3	7,1	1,3	0,33
	janvier 70	5,1	5,7	1,1	0,4

TABLEAU VIII - indiquant les variations de différents rapports caractéristiques en fonction des variations climatiques.

Tout se passe comme s'il y avait une certaine sélectivité : lors de la période d'étiage, l'action d'évapotranspiration provoque une concentration des sels contenus dans l'eau de pluie tombée au cours de l'année.

Il y a donc concentration au niveau du sol de tous les ions présents dans l'eau de pluie.

Or, cette eau de pluie contient en forte proportion des ions sodium,potassium, chlorure, sulfate et nitrate par rapport au calcium, magnésium et bicarbonate (36). Le sol s'enrichit donc principalement en ions sodium, potassium, chlorure, sulfate et nitrate. Cet apport se traduit par une augmentation globale de ces sels lors des premières crues. Puis le lessivage intervenant, une diminution des concentrations de tous ces ions devrait se produire.

On le constate en effet, pour les alcalins et les chlorures ; les sulfates et nitrates ne subissent pas cette baisse car les argiles sont riches en ces éléments.

Il faut cependant un certain temps de contact pour qu'elles libèrent ces ions. Il en est de même du magnésium constituant primordial des argiles qui n'est libéré que par l'action d'échange de cations.

En résumé : pour des eaux issues des terrains calcaires, les alcalins et les chlorures sont apportés par l'eau de pluie, les sulfates et les nitrates par l'eau de pluie et les argiles, le magnésium, lorsqu'il s'agit d'eau circulant des calcaires non magnésiens est cédé par les argiles.

--°--

Chapitre III

INFLUENCE DE LA NATURE DES RESEAUX

SUR LES EAUX DE SOURCES

Comme nous avons eu l'occasion de le dire, la nature des réseaux joue un rôle très important sur les variations de débit, de température et de minéralisation globale des eaux de sources.

Les sources que nous avons étudiées peuvent circuler :

I) Dans des réseaux karstiques de très grande dimension qui d'ailleurs peuvent constituer de véritables rivières souterraines drainant une quantité considérable d'eau. Elles seront alors caractérisées par un débit élevé et une température relativement constante.

Nous avons prélevé quelques eaux de sources qui répondent parfaitement à ce type de description :

(voir tableau IX page suivante).

SOURCES	*Dates de prélèvement*	*Débit en l/s*	*Température en °C*	*Résistivité à 20 °C ω/cm*
	19. 7.69	0,91	13,3	1850
	24. 8.69	0,55	12,9	1790
NEUVICQ	6.10.69	0,89	13,4	1920
Fontbonne	24. 1.70	1,12	12,7	2070
	19. 6.70	0,9	12,5	2060
	10. 9.70	0,25	13,2	1895
	19. 7.69	0,58	13,4	1600
	24. 8.69	0,4	13,5	1789
SAINT AVIT	15.10.69	0,53	13,5	1750
SENIEUR	24. 1.70	1,4	13,8	1760
	1. 7.70	0,4	13,4	1817
	10. 9.70	0,3	13,9	1817
	19. 7.69	0,25	13,2	1679
	24. 8.69	0,15	13,5	1654
LOLME	15.10.69	0,16	13,7	1660
Les Peyrouliers	24. 1.70	1,1	12,8	1673
	1. 7.70	0,3	12,5	1650
	10. 9.70	0,03	13,2	1732

TABLEAU XI

Le Maestrichtien a la particularité de posséder ces trois types de réseaux.

En effet, (12) le Maestrichtien serait constitué d'un niveau inférieur compact, à réseaux importants et de deux niveaux supérieurs très fissurés par les phénomènes d'érosion au cours du Tertiaire.

De plus, ces accidents tectoniques sont souvent remplis par des formations argilo-sableuses du Sidérolitique.

Quant à la minéralisation, elle varie dans le même sens que la température elle est faible mais constante pour les eaux circulant à travers des réseaux importants ; elle est très variable dans le cas des eaux de sources à larges fissures ; par contre les eaux

provenant d'un réseau extrêment fin, ont une minéralisation plus élevée et plus constante.

Ce phénomène s'explique de la façon suivante :

- Les sources appartenant au premier groupe, possèdent un réseau très important et une zone d'alimentation très étendue. Elles drainent d'énormes quantités d'eau qui n'ont pas le temps d'acquérir une forte minéralisation ; mais comme le débit est à peu près constant, la température et la minéralisation globale varient peu au cours de l'année.
- Par contre, la zone d'alimentation des deux autres types de sources est nettement moins étendue. Par rapport aux précédentes, elles sont très influencées par la pluviosité.

  C'est en effet ce qui se produit pour les sources possédant un réseau à larges fissures ; après de fortes pluies, le débit est élevé. On note une diminution de la température car l'eau n'a pas le temps de réaliser l'équilibre thermique avec le terrain. Il en est de même pour la minéralisation. Par contre, en été la zone d'alimentation réduite de ces sources entraîne un faible débit et une augmentation de la température et de la minéralisation.

Mais les sources constituées par un système de réseaux très fins, ne peuvent laisser passer de grosses quantités d'eau. En période de crue, le débit est faible à cause du réseau et en période d'étiage, elles ont un faible débit car la zone d'alimentation est réduite. Elles sont donc caractérisées par un débit toujours faible mais peu influencé par les variations météorologiques ; cela entraîne un temps de contact assez long avec la roche mère se traduisant par une température plus élevée et une minéralisation plus forte (voir tableau IX, X et XI).

--°--

Chapitre IV
INFLUENCE DU SIDEROLITIQUE SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX DE SOURCES

---

1. Composition chimique des eaux de sources provenant du Sidérolitique.

Comme nous l'avons exposé lors de sa description géologique, le Sidérolitique et les Sables du Périgord sont des formations extrêmement complexes à prédominance argilo-sableuse. Elles peuvent être localement liées à des formations plus calcaires, elles peuvent aussi remplir des poches de décalcification ou des fissures formées au sein des calcaires.

Ces différents types de faciès conditionnent la composition chimique des eaux qui circulent à travers le Sidérolitique.

Ainsi, on peut différencier à partir de leur teneur en ion bicarbonate les eaux qui proviennent du Sidérolitique argilo-sableaux de celles qui sont issues des formations du même étage géologique plus calcaire.

Ceci expliquerait le fait que lors des mesures et dosages effectués au cours de la période d'étiage 1970, nous ayons trouvé des eaux faiblement minéralisées comme c'est le cas des eaux de sources de la Robertie, de Saint Georges et de Mathelinaux. Par contre, d'autres ont une minéralisation très élevée ; c'est le cas des eaux des sources d'Oriolles et de Saint-Vallier (voir tableaux XII et XIII).

Cette différence peut s'expliquer de la façon suivante : au niveau du Sidérolitique argilo-sableux (c'est-à-dire peu calcaire) l'eau dissout d'une part les éléments caractéristiques de cette formation et d'autre part les sels retenus ou formés à ce niveau. Seront ainsi solubilisés :

- parmi les éléments caractéristiques des dépôts argilo-sableux : les ions sulfate et magnésium, la silice, le fer et l'aluminium.
- parmi les éléments retenus par cette formation : les ions sodium, potassium et chlorure apportés par l'eau de pluie.
- parmi les éléments formés au sein de cet étage géologique : les nitrates provenant des oxydations bactériennes.

Les eaux issues de ces formations peu calcaires son pauvres en calcium et bicarbonates mais elles sont, par contre, relativement riches en ions sodium, potassium, chlorure, magnésium (témoin leurs rapports $\frac{r\ Mg}{r\ Ca}$), très riches en nitrates et sulfates. Elles sont cependant moins ferrugineuses et silicatées qu'on aurait pu le supposer.

(voir tableaux XII et XIII page suivante).

RESULTATS DES DOSAGES COMPLEMENTAIRES EFFECTUES SUR DES SOURCES PROVENANT DU SIDEROLITIQUE PENDANT L'ETIAGE 1970

Sources ou puits du Sidérolitique	Cl^- mEq/l	NO_3^- mEq/l	SO_4^{--} mEq/l	Na^+ mEq/l	K^+ mEq/l	HCO_3^- mEq/l	Fe^{++} mg/l	i.d.	pH
Source du Grand Merlat	0,45	0,38	0,2	0,41	0,02	2,7	0,1	0,04	6,9
Ponteyraud	0,4	0,3	0,12	0,3	0,05	2,4	0,15	0,125	6,6
La Robertie	0,33	0,4	0,35	0,1	0,01	0,25	0,35	0,66	6,15
Le Bitaud	0,5	0,14	0,18	0,38	0,02	5,15	0,2	0,2	7,2
Mathelinaux	0,6	0,6	0,32	0,4	0,02	0,35	0,4	0,3	6,85
Oriolles	2,05	1,15	0,25	1,1	0,4	2,6	0,1	0,25	6,8
Chez Thomas	0,75	0,59	0,2	0,52	0,08	0,7	0,1	0,2	6,85
Saint Vallier	1,7	0,5	0,18	0,95	0,35	2,9	0,15	0,2	6,8

TABLEAU XII

Sources ou puits des formations argilo-sableuses du Sidérolitique.

	Coordonnées x	y	z	R. à 20°C ω /cm	Ca^{++} mEq/l	Mg^{++} mEq/l	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$
Source du Grand Merlat	464,8	291,2	90 m	2907	3,08	0,28	9,02
Saint Georges	495,3	286,2	200 m	3506	2,71	0,19	7,0
Ponteyraud	435,4	324,2	55 m	2519	2,44	0,37	15,3
La Robertie	487,4	299,7	245 m	6925	0,64	0,4	62,5
Font Neuve	400,2	352,5	120 m	2045	5,8	0,2	3,45
Boue Neuve	399,5	351,8	120 m	2450	4,7	0,18	3,83
Le Bitaud	403,3	356,3	120 m	1985	5,04	0,56	11,2
Mathelinaux	407,0	344,6	130 m	4000	1,08	0,4	37,1
Oriolles	406,2	342,6	130 m	1360	3,32	1,28	38,5
Chez Thomas	407,9	337,2	75 m	2945	1,26	0,44	34,9
Saint Vallier	411,2	335,1	115 m	1650	2,64	1,24	46,9

TABLEAU XIII

Comme nous l'avons déjà expliqué ce phénomène résulte des conditions de solubilité de ces deux éléments : le fer étant soluble dans des eaux à pH acide, la silice, en milieu alcalin.

Néanmoins, nous avons trouvé du fer en quantité appréciable dans les eaux de sources ou de puits du Sidérolitique. Il est à remarquer qu'elles sont du type légèrement acide donc, contribuent à la dissolution du fer, (voir tableau XII).

Leur acidité provient de leur faible teneur en carbonate de calcium, de la concentration relativement élevée en nitrates et sulfates et de la présence possible de traces d'acides nitrique et sulfurique. D'autre part, la décomposition des matières organiques provoque une libération de gaz carbonique qui contribue également à une baisse de pH.

Par contre, les eaux provenant du Sidérolitique de nature plus calcaire, sont nettement plus minéralisées par suite de la dissolution de carbonate de calcium. En plus des éléments cités antérieurement, ces eaux contiennent en fortes proportions des ions calcium et bicarbonate (voir tableaux XII et XIII).

De toutes façons, les teneurs en ions sulfate et nitrate sont en rapport avec le temps de contact de l'eau avec les formations du Sidérolitique.

D'autre part, l'indice de déséquilibre chloro-alcalin (i.d.) des eaux issues du Sidérolitique est très significatif. Il est généralement positif en raison du caractère argilo-sableux des terrains.

Donc les concentrations de ces eaux en ions nitrate et sulfate, l'indice de déséquilibre chloro-alcalin et comme nous le verrons, la présence de sélénium peuvent permettre d'apprécier la durée de leur contact avec les argiles et sables du Sidérolitique.

II. Influence du Sidérolitique sur les eaux des sources des calcaires Maestrichtiens.

Quelques éléments caractéristiques peuvent nous permettre de connaître l'influence du Sidérolitique sur la composition des eaux provenant des calcaires maestrichtiens.

Il faut alors tenir compte du débit qui est souvent en relation avec la nature du réseau :

- Les eaux des sources à fort débit, ne peuvent avoir qu'un contact restreint avec les formations du Sidérolitique. Il se fait le plus souvent au niveau de la zone d'alimentation. C'est le cas des eaux issues des calcaires compacts telles que les sources de Montferrand du Périgord et le Coudert qui sont les plus représentatives parmi les sources à fort débit du Maestrichtien.

- Par ailleurs, les eaux des sources des niveaux supérieurs du Maestrichtien circulent dans des réseaux très fissurés souvent remplis par les formations argilo-sableuses du Sidérolitique. Selon la nature des fissures, elles peuvent donc avoir un contact très prolongé ou très court avec les argiles et les sables. Les eaux des sources à faible débit mais constant (Saint Avit Sénieur) sont en contact étroit avec le Sidérolitique principalement lorsque celui-ci a remblayé leur réseau. Par contre, il n'en est pas de même pour les sources à débit variable ; même si le réseau possède des formations du Sidérolitique, les eaux ne peuvent avoir avec celles-ci un temps de contact prolongé qu'aux périodes de sécheresse. L'influence du Sidérolitique est moins importante que dans le premier cas (exemple de la source de Labouquerie).

Indépendamment de la nature du réseau, il faut encore considérer les influences des formations argilo-sableuses du Sidérolitique dues à la seule localisation géographique.

Pour estimer l'incidence du Sidérolitique sur les eaux provenant des calcaires maestrichtiens, nous nous sommes adressés aux éléments suivants : l'indice de déséquilibre chloro-alcalin, l'ion magnésium, les ions nitrate et sulfate, le fer et le sélénium.

a) L'indice de déséquilibre chloro-alcalin : également appelé indice d'échange des bases (i.e.b.)

C'est le rapport $\frac{r\ Cl - r\ (Na + K)}{r\ Cl}$

- Si nous considérons :

- que l'ion chlorure est pratiquement apporté par la pluie sous forme de chlorure de sodium et potassium,

- qu'arrivé au sol, il ne peut subir de grandes transformations à part l'absorption par les plantes,

- mais que, par contre, les ions sodium ou potassium peuvent être retenus par les argiles ou par certains minéraux tels la glauconie ;

- Un indice de déséquilibre chloro-alcalin = 0, c'est-à-dire r Cl = r (Na + K) à toute époque de l'année et surtout en période de sécheresse signifie que ni au niveau de la zone d'alimentation, ni au niveau de son parcours, l'eau n'a de contact avec des formations argilo-sableuses.

- Un indice de déséquilibre chloro-alcalin positif, c'est-à-dire rCl>r(Na+K) détermine qu'une partie du sodium ou potassium a été retenue et témoigne d'une zone d'alimentation ou d'un parcours en relation avec des formations argilo-sableuses.

- Un indice de déséquilibre chloro-alcalin négatif c'est à-dire rCl<r(Na+K) laisse supposer que les ions sodium et potassium sont apportés en partie par la décomposition d'argiles contenant ces deux éléments, tels que la Montmorillonite, ou par celle de minéraux alcalins. C'est le cas du Kaolin qui provient de la décomposition des feldspaths ; bien qu'il s'agisse d'un silicate d'alumine hydraté, il peut être associé à des feldspaths ou autres silicates alcalins.

b) L'ion magnésium :

Il est également très utile pour connaître la part d'influence du Sidérolitique sur les eaux de sources provenant des calcaires. Le Sidérolitique est une formation argileuse donc riche en magnésium.

Pendant la période d'été, la pluviosité étant faible, l'échange de cations devient important. Il s'ensuit une libération de l'ion magnésium des argiles magnésiennes, qui est entraîné au cours des périodes de pluie.

Mais nous n'avons pas constaté d'augmentation de l'ion magnésium au cours des dosages effectués en septembre 1969 lors des fortes pluies, sauf en ce qui concerne la source de Blanc ; pour celle-ci, rMg qui est de 0,34 mEq/l au mois de juillet 1969 passe à 0,54 mEq/l au mois de septembre 1969 et il redescend à 0,44 mEq/l au mois d'octobre 1969.

Par contre, nous observons une nette augmentation de la concentration de cet ion au cours des analyses effectuées au mois de janvier 1970.

Ceci laisse supposer que le pouvoir absorbant des argiles est tel, que des quantités considérables d'eau sont nécessaires pour que le magnésium soit totalement libéré .

Mais le temps d'apparition des ions dépend également du trajet parcouru par l'eau ainsi que de la profondeur de la nappe.

C'est pour cela que l'eau de la source de Blanc présente une augmentation sensible en ion magnésium lors des prélèvements effectués au mois de septembre 1969. Cette augmentation est probablement due au fait qu'il s'agit d'une source très superficielle dont le réseau est très fracturé. Les variations de débit en sont témoins. Le trajet parcouru par l'eau doit donc être court.

Les ions formés au niveau du sol se retrouvent alors plus rapidement dans les eaux des sources superficielles que dans les nappes d'eau de plus grande profondeur.

C'est aussi pour cela que nous ne constatons pas d'augmentation de magnésium dans les eaux des sources de Bayac, Montferrand du Périgord et Saint Avit Rivière au mois de janvier 1970 ; la première est issue du Coniacien-Santonien alors que les deux autres proviennent de la base des calcaires maestrichtiens (calcaire compact donc pénétration plus lente). Par contre à Bayac, nous constatons une nette augmentation des ions chlorure, sodium et nitrate ce qui laisse supposer que les premières eaux de pluie ont atteint la nappe en entraînant ainsi les ions concentrés par évapotranspiration. Le magnésium issu des argiles n'a pas encore fait son apparition.

c) Les ions nitrate et sulfate :

Les nitrates proviennent du sol. Cependant, étant donné que dans le cas présent, le sol et le Sidérolitique se confondent, les augmentations d'ion nitrate dans les eaux de sources en périodes de crue, témoignent de l'influence de cette formation.

Quant aux sulfates, ils sont concentrés au niveau du sol grâce à l'action d'évapotranspiration mais se trouvent au même titre que les nitrates au sein des formations argileuses ; la sédimentation des argiles entraîne également une sédimentation des nitrates et sulfates. L'augmentation de l'ion sulfate dans les eaux en période de crue révèle un contact plus ou moins prolongé avec les formations du Sidérolitique.

Enfin, signalons que les eaux de sources en contact quasi permanent avec les formations argilo-sableuses, ont des augmentations moins nettes en magnésium et en sulfates en période de crue que celles dont la zone d'alimentation est la seule partie du parcours en contact avec les argiles (voir exemple tableau XIV).

SOURCES	*Dates*	*Débit l/s*	*Mg^{++} en mEq/l*	*SO_4^{--} mEq/l*
Laveyssière	19. 6.69	0,6	0,36	0,24
	14. 9.69	0,5	0,38	0,25
	15.10.69	0,55	0,38	0,25
	31. 1.70	1,3	0,41	0,26
	1. 7.70	1,5	0,4	0,18
	10. 9.70	1,15	0,35	0,27
Le Maurial	19. 7.69	3,6	0,26	0,04
	24. 8.69	3,6	0,21	0,04
	15.10.69	3,6	0,3	0,04
	24. 1.70	4,2	0,36	0,18
	1. 7.70	4,3	0,28	0,07
	10. 9.70	3,5	0,17	0,1

TABLEAU XIV

Laveyssière est un exemple type de source à contact prolongé avec le Sidérolitique. Par contre, le Maurial est une source à contact limité avec les argiles et Sables du Sidérolitique ; leur influence se fait sentir en période de crue : prélèvement du 24. 1.70.

d) Le fer :

Il peut être utilisé également pour établir une relation entre certaines sources du Maestrichtien et les formations du Sidérolitique. Malheureusement, sa faible solubilité dans les eaux carbonatées réduit énormément les possibilités de le rencontrer dans les eaux.

Néanmoins, sa présence en faibles quantités dans quelques eaux de sources pendant l'étiage 1970 nous a permis de confirmer les relations existant entre ces sources et le Sidérolitique (voir dosage du fer en annexe tableau II).

e) Le sélénium :{1}

Le sélénium s'est révélé particulièrement intéressant pour déterminer la part d'influence du Sidérolitique au niveau des eaux des sources provenant des calcaires maestrichtiens.

Nous avons effectué deux séries de dosages :

- une aux mois de juin-juillet 1970
- une deuxième au mois de septembre 1970.

{1} *Le sélenium existe dans un certain nombre de minéraux à l'état de séléniure : (10)*

- *la Clausthalite PbSe*
- *la Crookezite* $(CuTlAg)_2Se$...

Il se rencontre en quantité importante aux U.S.A dans les sols du South-Dakota, du Nebraska, du Colorado, du Kansas, de l'Utah, du New Mexico et de l'Arizona.

Le Sélénium se trouve contenu dans des pyrites sélénifères relativement abondantes dans les formations argileuses de l'Eocène, du Crétacé ou du Permien (8).

Résultats des dosages du Sélénium dans les eaux exprimé en mg/l.

Sources	*Juin 70*	*Sept.70*	*Sources*	*Juin 70*	*Sept.7*
Chepniers	0,002	0,003	Fontbonne	0	0
Cottières	0,001	0,001	Les Aubineaux	0	0
Le Bournais	0,002	0,004	Le Gat	0	0
Sourzac	0,004	0,005	Jaures	0 ,005	0,004
Larigaudie	0,004	0,005	St.Jean d'Estissac	0,003	0,004
Villamblard	0,001	0,003	Les Deux Fonds	0,001	0,003
Laveyssière	0,003	0,005	Grand Fond	0	0,003
La Vierge	0,002	0,005	Devigne	0,002	0,003
St Avit Sénieur	0,015	0,025	Moulin de Roumaguet	0,001	0,003
Le Maurial	0,001	0,002	Labouquerie	0,002	0,007
Montferrand	0,001	0,003	Le Coudert	0,001	0,003
Régagnac	0,015	0,018	Bayac	0,002	0,003
Lolme	0,015	0,035	Lucien	0,001	0,007
Blanc	0,001	0,010	Neufonds	0,002	0,003

TABLEAU XV

Au mois de novembre 1970 nous avons effectué de nouveaux dosages de Sélénium :

Sources	*Se en mg/l*	*Sources*	*Se en mg/l*
Lolme	0,038	Régagnac	0,016
St Avit Sénieur	0,026	Bayac	0,007
La Vierge	0,008	Laveyssière	0,005
Chepniers	0,003	Grand Fond	0,006

TABLEAU XVI

En France, le sélénium existe en quantité non négligeable dans les eaux de la Roche Posay (entre 40 et 75 microgrammes par litre) et à des concentrations inférieures, dans les eaux de la région de Pithiviers, en Dordogne à Brantôme, etc... (18).

Nous avons trouvé du sélénium dans presque toutes les sources à l'état de traces ; par contre, à Lolme, à Saint Avit Sénieur et à Régagnac, cet élément se trouve en plus grande quantité.

Nous en avons également trouvé à des concentrations de 0,02 à 0,03 mg/l dans les eaux des sources de Fontadan, de Fosse à Meuil et de Mortier situées dans le Nord de la Charente.

Si nous étudions l'origine de ces eaux, nous constatons que la plupart d'entre elles proviennent :

- soit des calcaires du Crétacé supérieur surmontés par des formations argilo-sableuses,
- soit des calcaires mollassiques,
- soit encore des formations argilo-sableuses elles-mêmes.

Les eaux de la Roche Posay (20) proviennent des calcaires du Turonien. Ils sont surmontés par des formations argilo-sableuses de la Brenne qui correspondent au Sidérolitique et aux Sables du Périgord.

A Brantôme, le calcaire du Crétacé est également surmonté par des formations argilo-sableuses.

Quant aux eaux des sources de Lolme, de Régagnac et de Saint Avit Sénieur où nous avons trouvé des quantités relativement importantes de Sélénium, elles proviennent respectivement des calcaires mollassiques du Stampien, du Sidérolitique et du Maestrichtien. Ce dernier, de même que le Turonien de la Roche Posay, est extrêmement fissuré. Les fissures sont souvent remplies par des sables argileux. C'est le cas de Saint Avit Sénieur.

Quant aux sources de Fontadan, Fosse à Meuil et Mortier, elles auraient pour origine les calcaires oxfordiens surmontés par des formations du Sidérolitique (41).

D'autre part, il est à signaler également, que le débit des sources riches en sélénium est toujours faible mais constant ; elles proviennent donc d'un réseau très fin où l'eau circule très lentement.

Les sources de la Roche Posay ont un débit global de l'ordre de 1,3 l/s. La source de Fontadan avait un

débit de 2,5 l/s au mois de juin 1970 ainsi que celle de Fosse à Meuil. Le débit de la source de Mortier était légèrement supérieur.

La source de la Fontaine de l'Abbaye à Brantôme possède également un débit de l'ordre de 1,0 l/s.

Quant aux sources de Lolme, Régagnac et Saint Avit Sénieur, nous avons déjà eu l'occasion de dire qu'elles étaient caractérisées par un faible débit relativement constant.

Par conséquent, il semble que les formations riches en sélénium sont les sables argileux du Sidérolitique et certains calcaires mollassiques, dont ceux de l'Oligocène de la région de Beaumont du Périgord ; témoin les quantités de sélénium obtenues pour les sources de Régagnac et Lolme.

Mais nous en trouvons également en quantité appréciable dans les eaux de sources en provenance des calcaires. Il est à noter que ces calcaires sont toujours surmontés par des formations argilo-sableuses. Celles-ci peuvent remplir les fissures ou les poches de décalcification formées au sein des calcaires.

L'eau qui y circule a un temps de contact très long avec les formations argilo-sableuses du Sidérolitique d'où dissolution du sélénium en quantité appréciable.

Nous pouvons donc faire un rapprochement entre les formations argilo-sableuses de l'Eocène en France et les formations argileuses du Middle-West des Etats-Unis d'Amérique qui contiennent également des quantités relativement importantes de sélénium.

Tous ces résultats nous permettent d'établir une classification:

A= *Sources peu influencées par les formations du Sidérolitique :*

Ce sont les sources des calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime. En effet, la majorité de leurs eaux possèdent un indice de déséquilibre chloro-alcalin pratiquement nul. Seules les eaux des sources de Chepniers et du Bournais ont un indice de déséquilibre chloro-alcalin légèrement positif (voir résultats en annexe).

Par ailleurs, les dosages de sodium, potassium et chlorure effectués lors de l'étiage 1970 sur des eaux en provenance des calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime semblent confirmer que l'alimentation de la majorité de ces sources se fait au niveau des calcaires. Ces résultats sont rassemblés dans le tableau XIX.

Néanmoins, il faut signaler que la concentration en ions potassium des eaux des sources de Fontbonne et Chepniers augmente au cours du mois de janvier 1970 tandis que celle en ions chlorure et sodium a plutôt tendance à baisser. Ceci laisse donc supposer qu'une partie du potassium provient des argiles potassiques du genre Illite et qu'en période de crue, des eaux en contact prolongé avec ces argiles se sont infiltrées dans la nappe de ces deux sources.

Ce phénomène est confirmé par les augmentations en ions sulfate et nitrate au cours des périodes de crue. A Chepniers, on note également une augmentation de la concentration en ions magnésium au cours du mois de janvier 1970.

Par ailleurs, les traces de Sélénium trouvées dans les eaux des sources de Chepniers et du Bournais, semblent confirmer un léger contact avec les formations du Sidérolitique.

Mais en général, l'indice de déséquilibre chloro-alcalin est égal ou peu différent de zéro (voir tableau XIX) l'ion magnésium varie très peu au cours de l'année sauf à Chepniers et les augmentations en sulfates au cours des périodes de crues sont faibles par rapport à celles constatées pour les sources des calcaires maestrichtiens de la Dordogne.

En conclusion, il semble bien que la majorité des sources issues du Maestrichtien de la Charente-Maritime soit alimentée uniquement par les calcaires.

B= Sources influencées par les formations du Sidérolitique :

Ce sont celles provenant des calcaires de la Dordogne mis à part la source de Bayac. Leurs eaux présentent toutes un indice de déséquilibre chloro-alcalin positif. Font exception :

- La source de la Vierge dont l'indice de déséquilibre chloro-alcalin est négatif,
- La source de Saint Avit Sénieur dont l'indice est négatif ou égal à 0,
- La source de Bayac qui présente un indice pratiquement toujours égal à zéro.

Les eaux des sources de la Vierge et de Saint Avit Sénieur ont la particularité d'être riches en ions potassium. Ce fait laisse supposer que ces eaux se trouvent en contact quasi permanent avec des argiles potassiques du type Illite ou avec des minéraux riches en potassium tels la glauconie.

Mais, parmi les sources influencées par les formations argilo-sableuses du Sidérolitique, nous pouvons distinguer :

- celles qui le sont toute l'année, car leur réseau est en contact permanent avec ces formations et,
- celles qui le sont périodiquement car seule la zone d'alimentation se trouve au contact du Sidérolitique.

a) Parmi les premières nous trouvons :

- la source de Saint Avit Sénieur dont les eaux sont riches en sulfates, nitrates, magnésium potassium et sélénium,
- la source de Régagnac dont les eaux circulent à travers le Sidérolitique.

Ces deux sources sont caractérisées par un débit faible mais relativement constant : les eaux circulent à travers des réseaux extrêmement fins, remplis de formations argilo-sableuses du Sidérolitique.

Ajoutons à ces deux sources, celle de Lolme, qui circule à travers les calcaires mollasiques de l'Oligocène et dont les eaux sont elles aussi riches en sulfates, magnésium, nitrates et sélénium.

b) Parmi les sources du deuxième type, figurent toutes celles dont le débit est très important mais relativement constant. Ce sont celles de Montferrand

du Périgord, de Saint Avit Rivière, du Maurial, du Moulin de Roumaguet dont les eaux possèdent un indice de déséquilibre chloro-alcalin positif pendant les périodes d'étiage et une augmentation en ions nitrate, sulfate et magnésium aux périodes de fortes crues.

Entre ces deux types, nous trouvons des sources à débit variable. Elles sont alimentées par des eaux qui circulent à travers un réseau de fissures élargies et plus ou moins riches en formations argilo-sableuses du Sidérolitique. Leur composition chimique en subit l'incidence.

. Certaines, sont très influencées par le Sidérolitique, telles les eaux des sources de Labouquerie, Laveyssière, Naussanes et Nojals, riches en nitrates et sulfates qui possèdent un indice de déséquilibre chloro-alcalin positif. Elles possèdent également des quantités de sélénium comprises entre 0,005 et 0,01 mg/l en périodes de sécheresse (voir tableaux XV et XVI). Elles ont donc tendance à se rapprocher des eaux dont le contact avec les formations du Sidérolitique est permanent.

. D'autres, par contre, telles les eaux de source de Neufonds, Sourzac, Villamblard, Saint Jean d'Estissac, etc... sont moins influencées par le Sidérolitique : on note une augmentation des ions nitrates, sulfates et magnésium en période de crue et un indice de déséquilibre chloro-alcalin positif en période d'étiage. Elles ont donc tendance à rejoindre les eaux des sources dont le contact avec les formations argilo-sableuses se produit uniquement au niveau de la zone d'alimentation.

Une source, parmi toutes celles que nous avons étudiées, ne peut-être classée. Il s'agit de la source de Bayac.

Tout comme les sources de Montferrand du Périgord et de Saint Avit Rivière, la source de Bayac est profonde et possède un très fort débit.

Cependant, à leur différence, l'indice d'échanges des bases est toujours nul et aucune augmentation des ions sulfates et magnésium n'a été constatée lors des analyses effectuées au cours du mois de janvier 1970.

Mais, on note une augmentation de la concentration en ions sodium, chlorure et nitrate, ce qui témoigne de l'influence du sol sur la composition chimique des eaux de cette source.

Ces observations semblent prouver que l'alimentation de la source de Bayac s'effectue au niveau des calcaires légèrement altérés par le sol. Le rôle du Sidérolitique paraît donc être nul.

Mais, comme nous l'avons déjà dit, la source de Bayac tout comme celle de Montferrand du Périgord et de Saint Avit Rivière est profonde, comme en témoigne sa température toujours relativement élevée (15°5). Les éléments provenant du Sidérolitique pénètrent plus tardivement dans la nappe.

Les ions sodium, chlorure et nitrate à cause de leur solubilité élevée sont les premiers éléments à y pénétrer.

Mais à Montferrand du Périgord et Saint Avit Rivière, les taux en ions chlorure et sodium sont sensiblement les mêmes au mois de janvier qu'au cours de l'année. L'augmentation des ions sodium et chlorure a déjà eu lieu. Par contre on note une augmentation des ions nitrate et sulfate. L'ion sulfate parvient donc à la nappe alors que la quantité des ions sodium et chlorure commence à diminuer. L'augmentation en ion magnésium semble se faire plus tardivement.

On peut donc supposer qu'à Bayac, l'augmentation des ions sulfate et magnésium se produit plus tard, c'est-à-dire lorsque les concentrations en ions sodium et chlorure commencent à baisser.

Par ailleurs, l'eau prélevée à la source de Bayac au cours du mois de Novembre 1970 contenait 0,007 mg/l de sélénium (voir tableau XVI).

Cette source paraît donc avoir un léger contact avec les formations argilo-sableuses du Sidérolitique.

--°--

Chapitre V

INFLUENCE DE LA NATURE LITHOLOGIQUE DES CALCAIRES SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX DE SOURCES PROVENANT DU MAESTRICHTIEN

Comme nous l'avons déjà signalé antérieurement, le Maestrichtien est représenté en Charente-Maritime par des calcaires tendres et légèrement dolomitiques. Il devient plus détritique en Dordogne et peu magnésien.

Cette différence de nature lithologique a une incidence sur la structure des réseaux et sur la composition chimique des eaux.

I. Influence de la nature lithologique des calcaires sur la minéralisation globale des eaux.

Les calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime sont très tendres et s'effritent très facilement. Il ne peut donc exister de sources à débit important comme celles que l'on trouve dans les calcaires plus compacts de la base du Maestrichtien de la Dordogne.

Cette particularité entraîne des différences de minéralisation ; on note en effet, que les eaux provenant des calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime, plus tendres et plus solubles, sont plus minéralisées que celles qui sont issues du même étage géologique de la Dordogne.

C'est ce que nous avons constaté lors des déterminations de la résistivité effectuées pendant la

période d'étiage de 1970 sur un échantillonnage de 144 eaux prélevées dans les calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime, de la Charente et de la Dordogne. Les résultats de ces différentes mesures sont rassemblés dans les tableaux XVII et XVIII.

Ces valeurs nous montrent que la résistivité moyenne des eaux issues des calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime et du sud de la Charente est égale à 1671 ohms/cm à 20°C ; alors que la résistivité des eaux provenant des calcaires maestrichtiens de la Dordogne est de 2192 ohms/cm à 20°C.

La minéralisation d'une eau étant inversement proportionnelle à la résistivité ces deux valeurs nous laissaient donc supposer que les eaux issues des calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime étaient plus minéralisées que celles issues du Maestrichtien de la Dordogne.

Les résultats des mesures de résistivité de calcium et magnésium, ainsi que le rapport $\frac{r\ Mg}{r\ Ca}$ sont rassemblés dans les tableaux suivants :

TABLEAU XVII

Sources appartenant aux calcaires Maestrichtiens de la Dordogne.

	Coordonnées x	y	z	R. à 20°C ω/cm	Ca^{++} mEq/l	Mg^{++} mEq/l	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$
Creysse	460,4	285,3	50 m	2440	4,58	0,38	8,3
Lalinde	484,5	283,5	35 m	2091	5,54	0,26	4,7
Cadouin ville	484,1	280,2	50 m	2312	4,72	0,26	5,5
Cadouin pompe	481,9	281,8	40 m	2622	4,37	0,19	4,35
N.D.des Capelots	493,9	277,8	120 m	1959	5,49	0,35	6,37
Belvès	494,9	276,3	140 m	1393	7,34	0,6	8,17
Audrix	490,2	285,6	240 m	1659	5,11	0,69	13,5
Calés	479,5	284,2	120 m	1826	6,04	0,28	4,63
Pezuls	479,2	291,8	150 m	2264	5,09	0,21	4,12
St. Alvère	479,3	296,5	155 m	1959	5,76	0,24	4,16
Paunat	484,4	290,7	160 m	2264	5,22	0,18	3,44
Fontestevenie	484,5	292,5	180 m	2174	5,44	0,2	3,67
St Avit Vialard	484,8	295,9	220 m	3197	3,1	0,22	7,1
Zolty	459,7	291,9	95 m	1999	6,12	0,26	4,25
Campsegret pompe	459,3	294,1	80 m	2111	5,71	0,19	3,32
Campsegret fontaine	459,1	293,9	75 m	2173	5,55	0,18	3,24
La Fage	459,1	296,4	115 m	2111	5,34	0,2	3,74
La Maure	459,0	296,9	140 m	2310	4,94	0,15	3,19
Campignac	457,9	296,7	130 m	2173	5,42	0,18	3,32
St. J.de Crempse	457,0	296,9	110 m	1818	6,54	0,3	4,58
Maurens	453,3	293,1	95 m	2173	5,12	0,29	5,67
Roussillin	454,4	299,7	150 m	2550	4,41	0,15	3,42
Reygand	453,4	299,3	150 m	2671	4,2	0,16	3,81
Le Treillou	446,3	299,2	100 m	2464	4,44	0,2	4,52
Les Lèches	445,8	300,3	70 m	2550	4,14	0,24	5,8
Le Fouillouze	443,8	299,7	80 m	2520	4,43	0,23	5,18
L'Enclos	444,0	301,0	130 m	2917	3,46	0,24	6,93
La Lande	449,2	315,7	150 m	2173	5,11	0,3	5,87

	Coordonnées x	y	z	R. à 20°C ω/cm	Ca^{++} mEq/l	Mg^{++} mEq/l	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-}$
St. Séverin d'Estissac	453,9	307,0	135 m	2310	4,82	0,18	3,74
Vallereuil	455,7	309,3	110 m	1498	6,9	0,6	8,7
St. Privat	433,3	327,6	75 m	1847	6,17	0,29	4,71
St. V.de Jalmoutiers	431,1	325,2	50 m	1705	6,4	0,44	6,87
Beauronne	446,4	312,1	65 m	2956	3,4	0,28	8,24
Le But	451,7	309,2	75 m	2263	5,08	0,24	4,72
Puygastier	452,2	308,3	120 m	2263	5,07	0,25	4,92
Frateau	453,2	309,2	75 m	2263	4,97	0,27	5,43
La Sauvetat	461,8	308,7	180 m	2880	3,66	0,24	6,55
La Paize	463,4	303,3	160 m	2196	5,43	0,25	4,61
Le Baillot	464,7	303,4	200 m	1997	6,13	0,19	3,09
Rengeard	465,6	302,1	155 m	2092	5,62	0,34	6,05
La Masserie	462,3	299,2	170 m	2052	5,77	0,24	4,16
Montagnac la Crempse	459,9	329,0	110 m	2092	5,7	0,3	5,26
La Cabane	467,3	329,5	115 m	2152	5,48	0,2	3,65
Martigue	466,1	298,1	150 m	1944	5,95	0,34	5,72
St. M. des Caules	465,1	296,4	90 m	1944	6,02	0,28	4,65
St. G. de Monclard	466,1	294,5	70 m	2092	5,42	0,34	6,28
Liorac	465,9	289,7	95 m	1979	5,58	0,3	5,37
Causse de Clerans	468,4	286,2	85 m	2173	5,18	0,31	5,99
Pressignac	471,0	290,0	200 m	1912	6,13	0,32	5,22
Fongalop	491,1	270,7	220 m	2359	5,04	0,28	5,56
St. Marcory	487,7	271,1	190 m	2133	5,7	0,16	2,81
Monzac	470,3	276,5	90 m	1847	6,12	0,24	3,92

	Coordonnées x	y	z	R. à 20°C ω/cm	Ca^{++} mEq/l	Mg^{++} mEq/l	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$
Lanquais	468,4	291,2	50 m	2092	5,85	0,19	3,25
Pont St.Mamet	462,4	299,7	150 m	1940	5,72	0,28	4,9
Fouleix	468,7	299,5	180 m	1605	7,04	0,32	4,66
Peyrebrune	469,2	298,7	190 m	1820	6,3	0,46	7,3
La Brugère	470,4	300,5	200 m	1915	6,0	0,2	3,33
Veyrines	471,1	300,0	210 m	2170	5,28	0,2	3,79
La Courdie	473,2	299,0	230 m	2115	5,27	0,34	6,45
Lescardie	475,1	299,6	220 m	2995	3,5	0,18	5,15
Cendrieux	476,0	300,2	200 m	2210	4,1	0,5	12,2
Chanrouby	478,3	300,5	210 m	2450	4,0	0,4	10,0
La Pommerie	479,4	298,6	220 m	2760	3,69	0,28	7,6
Les Fieux	483,7	295,7	230 m	2760	4,12	0,14	3,4
Malefont	483,2	295,9	230 m	2045	5,82	0,34	5,84
La Fanju	482,3	290,1	70 m	2095	5,85	0,16	2,74
Crémolat	481,5	288,0	70 m	2210	4,76	0,48	10,1
Nazal	479,6	288,6	140 m	1995	6,1	0,16	2,62
Le Platane	478,5	290,1	140 m	2095	5,54	0,38	6,86
Le Peyleroux	477,9	290,5	140 m	1940	6,04	0,28	4,64
Grand Castang	476,1	290,5	110 m	1845	5,42	0,5	9,24

TABLEAU XVIII

Sources ou puits des calcaires Maestrichtiens de la Charente et Charent Maritime.

	Coordonnées x	y	z	R. à 20°C ω/cm	Ca^{++}	Mg^{++} mEq/l	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$
Vrignac	389,9	334,1	95 m	1789	6,46	0,24	3,61
Jussas	389,4	336,1	105 m	1304	6,95	0,69	9,93
Vallet	388,1	337,4	90 m	1803	6,23	0,3	4,82
Bran	395,4	341,3	70 m	1945	5,58	0,28	5,02
St. Maigrin	394,3	349,2	75 m	1530	7,64	0,42	5,49
Brie sur Archiac	393,5	355,2	90 m	1431	7,6	0,2	2,63
Archiac	393,9	361,1	90 m	1070	7,96	0,64	8,4
Banet	401,8	356,8	80 m	1385	7,46	0,5	6,7
Caudeau	406,7	347,9	80 m	1478	7,22	0,57	7,91
Chillac	411,1	343,2	140 m	1833	3,11	0,68	21,8
Bardenac	415,7	335,9	120 m	1630	6,26	0,34	5,43
Yviers	416,0	333,1	55 m	916	5,82	1,32	22,5
Rioux Martin	416,7	330,3	50 m	1109	7,12	0,92	12,9
Le Verdier	428,9	328,2	35 m	1803	6,31	0,3	4,76
Baignes Ste Radegonde	394,0	352,1	85 m	1471	6,44	0,66	10,24
Boiteau	398,4	328,6	65 m	1780	6,56	0,32	4,9
St. Vivien	395,7	328,9	120 m	1910	3,84	0,72	18,7
Montendre	384,4	335,5	60 m	3460	2,52	0,52	20,5
Soumeyras	382,5	337,8	60 m	1920			
Chamoillac	379,7	339,5	105 m	1020			
Campignac	378,3	339,9	85 m	1630	5,34	0,76	14,2
Les Barbiers	386,5	337,8	100 m	1700	6,42	0,32	5,0
Montlieu	396,6	330,2	90 m	1460	6,88	0,28	4,1
Chevanceaux	398,4	336,8	110 m	1305	7,1	0,5	7,04
Bonnaudet	396,2	338,3	90 m	2040	4,98	0,22	4,4
Courcouteaux	396,2	339,9	80 m	2085	4,64	0,48	10,3

	Coordonnées X	Y	Z	R. à 20°C ω/cm	Ca^{++}	Mg^{++} mEq/l	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$
Pied sec	396,7	341,2	70 m	1760	6,04	0,4	6,6
Chez Joubert	396,7	343,2	90 m	1550	6,1	0,4	6,5
Le Gueffier	397,4	344,6	60 m	1530	7,02	0,38	5,4
Touverac	400,5	344,8	90 m	1630	6,44	0,36	5,6
Le Tatre	399,9	346,4	90 m	1890	5,18	0,42	8,1
Puygareau	395,9	345,9	85 m	1245	6,92	0,76	10,9
Le Sourbier	394,2	347,8	60 m	1340	7,66	0,34	4,4
St. Ciers Champagne	393,7	351,6	50 m	1710	6,36	0,3	4,7
Chez Bascle	396,6	351,6	80 m	1840	5,78	0,32	5,5
Guimps	398,3	354,2	60 m	1420	6,64	0,44	6,6
Le Pérat	395,5	355	60 m	1790	6,44	0,24	3,7
St Eugène	395,3	358,8	105 m	1320	8,0	0,4	5,0
Chez Armit	393,6	358,4	60 m	995			
Chez Vartan	391,4	359,5	90 m	1580	6,46	0,34	5,2
La Broue	398,5	356,7	70 m	1560			
La Vergne	399,5	351,9	75 m	1690			
Montchaude	402,1	352,2	115 m	1570	5,48	0,68	12,4
St. Hilaire	404,1	353,6	75 m	1420	5,96	0,8	13,4
Reignac	403,4	349,3	105 m	1305	4,98	0,7	14,05
Bonne Arme	415,0	331,8	60 m	2010	5,48	0,4	7,3
Les Fourcaudes	416,1	334,4	80 m	1785	5,38	0,38	7,08
Bardenac	415,1	335,8	125 m	1070	8,6	0,8	9,3
Maine Roubine	413,1	337,8	130 m	1420	3,8	0,68	17,9
Viaud	410,4	339,3	100 m	1730	6,36	0,28	4,4
Passirac	411,0	340,9	150 m	2170	4,66	0,42	9,01
Chillac	410,1	343,1	130 m	2760	2,04	0,45	22,0
Guyannet	409,7	344,5	130 m	1815	5,22	0,44	8,44
Chagnaud	408,5	345,9	120 m	1480	6,92	0,48	6,94

Pour savoir dans quelle mesure ces valeurs étaient significatives nous avons eu recours à la formule de calcul statistique suivante : {1}.

$$S_{m1}^2 = \frac{\Sigma (x - m1)^2}{n1(n1 - 1)}$$

$$Sd = \sqrt{S_{m1}^2 + S_{m2}^2} \quad \text{avec}$$

$$S_{m1}^2 = \frac{\Sigma (x - m2)^2}{n2(n2 - 1)}$$

$$t = \frac{m1 - m2}{Sd}$$

n = nombre de mesures
m = résistivité moyenne

Nous avons obtenu un t = 7,1. Cette valeur correspond à une probabilité supérieure à 99 % pour que nos déterminations puissent être considérées comme étant significatives.

Nous pouvons par conséquent affirmer que les eaux des calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime sont plus minéralisées que celles issues des mêmes formations de la Dordogne.

Par ailleurs, ces mesures de résistivité nous ont permis de dresser une carte d'isorésistivité (voir fig. 5).

D'après cette carte, nous constatons que les eaux du Maestrichtien ont une minéralisation plus élevée au coeur du synclinal que sur les bords.

Ceci peut s'expliquer de la façon suivante : l'alimentation des nappes se faisant plus particulièrement aux extrémités du synclinal, les sources placées dans ces endroits sont faiblement minéralisées ; leur temps de contact avec le calcaire est réduit.

Par contre, les eaux des sources situées au coeur du synclinal sont plus minéralisées car leur trajet est plus long.

{1} Voir in (15) - pp. 80-81.

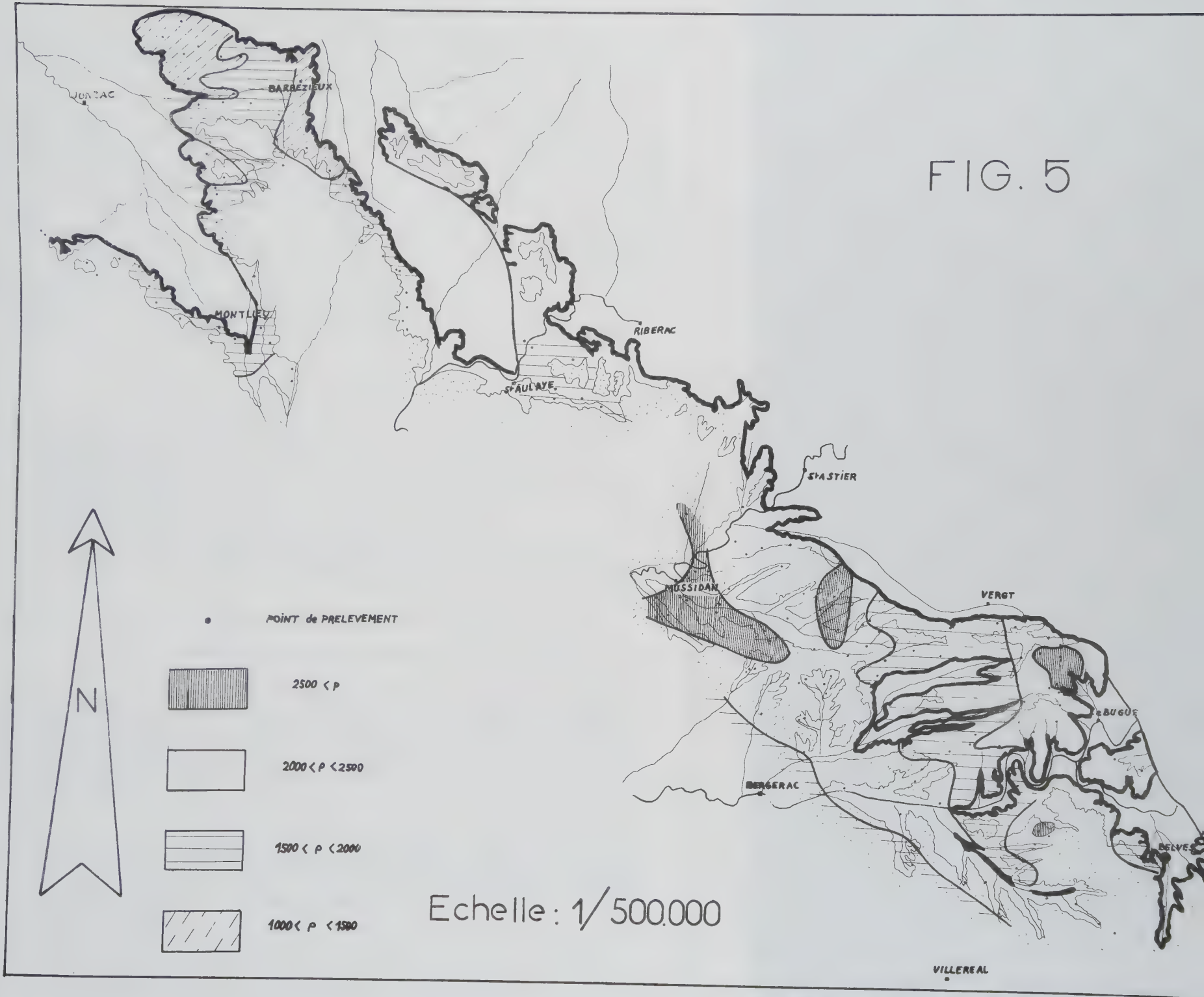
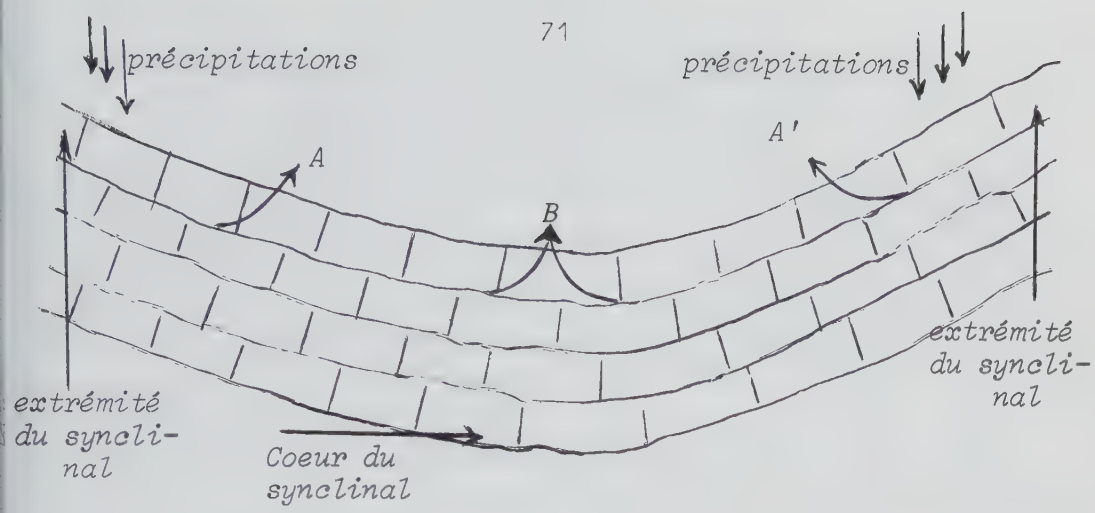


FIG. 5
BARBEZIEUX
MONTLIEU
RIBERAC
ST AULAYE
ST ASTIER
MUSSIDAN
VERGT
LE BUGUE
BERGERAC
BELVES
VILLEREAL
N
POINT de PRELEVEMENT
2500 < P
2000 < P < 2500
1500 < P < 2000
1000 < P < 1500
Echelle : 1/500.000



Comme l'indique le schéma ci-dessus, le trajet parcouru par l'eau depuis les zones d'alimentation jusqu'aux points A ou A' est plus court que celui parcouru par l'eau qui ressort au point B. Par conséquent, dans un même étage, les eaux des sources A et A' seront moins minéralisées que celles de la source B.

Ce phénomène est très net en Dordogne où on rencontre de grandes surfaces d'affleurements maestrichtiens.

II. Influence de la nature lithologique des calcaires sur le rapport $\frac{r\ Mg}{r\ Ca}$ des eaux.

Nous avons déjà signalé que le calcaire maestrichtien de la Charente-Maritime était légèrement dolomitique. Nous avons cherché à savoir si les eaux issues de ces calcaires étaient plus chargées en ions magnésium que celles provenant des calcaires maestrichtiens de la Dordogne.

Pour cela, nous avons également effectué au cours de la période d'étiage 1970, des dosages de calcium et magnésium sur le même échantillonnage que celui utilisé pour les mesures de résistivité. Puis, nous avons fait les rapports $\frac{r\ Mg}{r\ Ca}$.

La valeur moyenne des rapports $\frac{r\ Mg}{r\ Ca}$ des eaux provenant des calcaires en Charente-Maritime est égale à 8,4 .

Elle est égale à 5,44 pour les eaux issues du même étage géologique de la Dordogne.

Le calcul de t d'après la formule déjà citée, nous a donné un chiffre égal à 4,05.

Comme dans le cas précédent, cette valeur correspond à une probabilité, pour que cette différence soit significative, supérieure à 99 %.

Il apparaît donc que la teneur en magnésium des eaux provenant des calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime est en relation avec leur nature légèrement dolomitique.

Les mêmes observations peuvent s'appliquer aux sulfates qui accompagnent souvent le magnésium lors de la sédimentation dolomitique (voir résultats des analyses en annexe et tableaux XIX et XX). La concentration en ces éléments est plus élevée que dans les eaux issues du Maestrichtien de la Dordogne.

--°--

TABLEAU XIX

Résultats des dosages complementaires effectués sur quelques eaux de sources ou puits du Maestrichtien au cours de l'étiage 1970

(résultats exprimés en mEq/ℓ)

Sources ou puits des calcaires Maestrichtiens de la Charente et Charente-Maritime	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	HCO_3^-	i. d.
Boiteau	0,4	0,04	0,3	0,38	0,03	6,3	0
Saint Vivien	0,4	0,02	0,42	0,36	0,05	3,95	0
Montendre (forage)	0,4	0,01	0,15	0,35	0,04	3,05	0
Soumeyras	0,52	0,1	0,4	0,42	0,06	5,5	0,08
Charmouillac	2,25	0,12	1,3	1,8	0,4	7,8	0,02
Courpignac	0,62	0,05	0,4	0,5	0,1	6,35	0,03
Les Barbiers	0,4	0,05	0,5	0,35	0,05	6,3	0
Chevanceaux	0,92	0,43	1,2	0,8	0,1	6,75	0,02
Courcouteaux	0,43	0,02	0,4	0,4	0,05	4,8	-0,05
Touverac	0,8	0,06	0,6	0,7	0,12	6,25	-0,02
Le Tatre	0,58	0,02	0,52	0,54	0,03	5,15	0
Puygareau	1,4	0,01	0,78	1,0	0,2	6,7	0,14
Le Sourbier	0,97	0,04	0,8	0,8	0,1	7,0	0,07
Bascle	0,6	0,1	0,22	0,5	0,1	5,7	0
Saint-Eugène	0,6	0,15	0,75	0,55	0,05	7,45	0
Chez Armit	1,36	0,22	1,12	1,1	0,2	7,5	0
Chez Vartan	0,5	0,03	0,52	0,45	0,03	6,2	0
Archiac	1,94	0,17	0,85	1,6	0,4	6,8	-0,03
Chillac	0,69	0,25	0,7	0,5	0,2	2,15	0
Guyannet	0,6	0,06	0,3	0,5	0,1	5,4	0
Chagnaud	0,78	0,08	0,4	0,7	0,05	6,8	0,04
Maine Roubine	0,75	0,75	0,2	0,6	0,2	4,5	-0,06
Passirac	0,63	0,12	0,3	0,38	0,25	4,0	0

TABLEAU XX

Résultats des dosages complémentaires effectués sur quelques eaux de sources ou puits du maestrichtien au cours de l'étiage 1970

(résultats exprimés en mEq/ℓ)

Sources ou puits des calcaires Maestrichtiens de la Dordogne	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	HCO_3^-	*i.d.*
St.Georges de Monclard	0,35	0,1	0,18	0,15	0,07	5,4	0,37
Cendrieux	0,34	0,04	0,15	0,26	0,02	4,1	0,17
La Brugère	0,35	0,24	0,33	0,25	0,04	5,8	0,17
La Courdie	0,35	0,03	0,15	0,26	0,03	5,35	0,17
Roussillin	0,28	0,04	0,15	0,25	0,01	4,2	0,07
St Séverin d'Estissac	0,42	0,05	0,15	0,34	0,02	4,75	0,14
Beauronne	0,33	0,1	0,12	0,25	0,07	3,45	0
Maurens	0,4	0,25	0,125	0,34	0,04	5,0	0,05
Rengeard	0,35	0,06	0,125	0,24	0,02	5,65	0,26
Fontgalop	0,4	0,08	0,1	0,32	0,05	5,1	0,07
Pont Saint-Mammet	0,33	0,05	0,06	0,27	0,03	5,8	0,09
Fouleix	0,69	0,15	0,14	0,4	0,05	6,8	0,35
Lescardie	0,35	0,02	0,03	0,28	0,05	3,7	0,06

Chapitre VI

ETUDE BACTERIOLOGIQUE DES EAUX ISSUES DES CALCAIRES MAESTRICHTIENS DE LA DORDOGNE ET DE LA CHARENTE-MARITIME

Les analyses chimiques de potabilité n'ayant pas révélé de pollution fécale, nous avons voulu confirmer ces résultats par un contrôle bactériologique.

Pour cela, nous avons effectué un examen bactériologique pendant la période d'étiage 1970 sur les eaux des vingt-huit sources décrites antérieurement (voir tableau XXI).

Au cours de ce contrôle, nous avons fait des recherches et numérations des germes aérobies cultivant à 37°C et à 21°C et des germes témoins de contamination fécale.

Parmi ces derniers, nous avons recherché :

- Les Coliformes et plus particulièrement Escherichia Coli témoin de pollution fécale récente car sa durée de vie en milieu aqueux est restreinte.
- Les Streptocoques fécaux qui sont, au même titre, des témoins de souillure fécale récente.

Ces germes ont été isolés par la technique des membranes filtrantes (30).

Ces membranes ont été ensuite placées sur milieu de Chapman modifié par Buttiaux pour la recherche des Coliformes et sur milieu de Slanetz pour la recherche des Streptocoques fécaux.

Enfin, nous avons également effectués des recherches et numérations d'anaérobies sporulés sulfito réducteurs sur milieu de Wilson-Blair (3). Ces germes très résistants dans les milieux extérieurs sont les témoins d'une contamination fécale ancienne.

Les résultats figurés sur le tableau XXI indiquent que la majorité des eaux des sources examinées sont polluées par des germes témoins de contamination fécale.

La pollution fécale est présente aussi bien dans les cas où l'eau circule lentement dans les terrains à fissures fines que dans les cas où l'eau circule plus rapidement dans les terrains à fissures larges. Il s'agit donc, quelque soit le type de réseau, de terrains perméables en grand où les eaux reçoivent en plus de fréquents apports d'eaux de surface plus ou moins polluées.

La circulation de l'eau dans les terrains finement fissurés fournit des eaux plus minéralisées. Mais, par suite d'une filtration restée inefficace et d'une protection insuffisante, elle ne permet pas d'obtenir des eaux satisfaisant aux normes de potabilité.

Deux sources, néanmoins, semblent mieux protégées des pollutions ; ce sont les sources de Saint Avit Rivière (Le Coudert) et celle de Bayac (Roc des Capelots) dont les eaux circulent dans des calcaires plus compacts et plus profonds.

Il ressort de cet examen bactériologique qu'il n'est pas possible de tenir compte de la minéralisation pour préjuger de la potabilité de l'eau et que, d'une façon générale, les eaux qui proviennent des calcaires fissurés dont le pouvoir colmatant est très limité, sont exposées aux pollutions.

--°--

TABLEAU XXI

ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Prélèvements effectués le 4.11.70

	Germes aérobies cultivant sur gélose (par ml)		GERMES INDICES DE SOUILLURE FECALE (par l.)			
	37°C	21°C	Escherichia Coli	Coliformes	Streptocoques fécaux	Anaérobies sporulés sulfito-réducteurs
Fontbonne	452	234	30	650	30	200
Les Aubineaux	844	456	150	2 580	610	1 200
Le Bournais	534	280	40	570	30	100
Le Gat	258	175	0	90	50	0
Chepniers	85	70	0	700	40	0
Cottières	78	75	0	40	0	100
Couyette	85	98	20	50	10	100
Neufonds	88	160	10	70	20	100
Jaures	135	180	0	0	0	200
St. J. d'Estissac	245	354	130	520	250	400
Villamblard	125	180	20	250	80	0
Larigaudie	485	322	100	12 500	110	0
Les Deux Fonds	28	32	0	50	0	0
Grand Fond	142	154	10	320	0	0
Laveyssière	130	175	10	750	40	0
La Vierge	172	194	20	180	0	0

TABLEAU XXI

ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Prélèvements effectués le 4.11.70

(suite)

SOURCES	Germes aérobies cultivant sur gélose (par ml)		GERMES INDICES DE SOUILLURE FECALE (par l.)			
	37°C	21°C	Escherichia Coli	Coliformes	Streptocoques fécaux	Anaérobies sporulés sulfito-réducteurs
Devignes	72	104	10	50	10	100
St. Avit Sénieur	374	422	30	1 540	80	100
Bidot	243	322	20	590	20	0
Le Maurial	73	38	10	350	10	0
Min. de Channoy	43	53	00	100	0	100
Le Coudert	152	218	0	0	0	0
Le Tronc	175	248	0	170	0	100
Régagnac	28	35	0	300	0	200
Roc des Capelots	142	267	0	0	0	0
Les Peyrouliers	154	172	120	1 120	180	100
Blanc	123	132	80	1 520	110	100
Lucien	170	230	0	170	0	100

C O N C L U S I O N S

Au cours de ce travail, nous avons pu constater que la composition chimique des eaux provenant des calcaires maestrichtiens est influencée par de nombreux facteurs :

- La proximité de la mer joue un rôle évident dans les teneurs en ions sodium, potassium et chlorure : pour un même type de calcaire, les eaux dont les sources sont situées près de la mer, ont des concentrations en ions sodium, potassium et chlorure plus élevées que celles des sources éloignées.
- Les facteurs climatologiques ont également une influence marquée sur la composition chimique des eaux provenant des calcaires maestrichtiens. En règle générale, on note en période de crue, une diminution de la minéralisation globale consécutive à la baisse du taux des ions calcium et bicarbonate. Par contre, on observe immédiatement après les premières pluies une augmentation de la concentration des ions sodium, potassium et chlorure accumulés en période d'étiage par l'action d'évapotranspiration. Puis, lorsque les premières pluies ont accompli leur action de lessivage, il y a diminution de la teneur en ions sodium, potassium et chlorure et augmentation de celle des ions magnésium, sulfate et nitrate. Les ions magnésium et sulfate proviennent des argiles qui surmontent les calcaires ; les ions nitrates sont formés par oxydation bactérienne des produits azotés contenus dans le sol.

- La nature des réseaux a également une influence sur la composition chimique des eaux : les eaux circulant dans des réseaux formés de fissures suffisamment serrées sont plus minéralisées que celles qui sont issues des réseaux formés de fissures et fractures importantes.

- Le sidérolitique, formation de nature argilo-sableuse qui surmonte les calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime et de la Dordogne peut avoir une incidence marquée sur la composition chimique des eaux provenant de ces calcaires. Lorsque les eaux ont un contact avec cette formation, elles possèdent un indice de déséquilibre chloro-alcalin (i.d.) positif, elles présentent des augmentations sensibles du taux en ions magnésium, sulfate et nitrate aux cours des périodes de crues et elles contiennent du sélénium à l'état de traces appréciables. Le dosage du fer et de la silice, qui se trouvent en quantité importante dans le Sidérolitique, ne nous ont pas permis de différencier les eaux dont la composition chimique est influencée par cette formation de celles qui ne le sont pas, ces deux éléments ne donnent pas de combinaisons suffisamment solubles dans les eaux du type carbonaté calcique.

- Enfin, la nature lithologique des calcaires maestrichtiens semble avoir une influence très importante sur la composition chimique des eaux de sources provenant de cet étage géologique : les eaux issues des calcaires maestrichtiens de la Charente-Maritime, légèrement dolomitiques et plus tendres, ont une minéralisation et un taux de magnésium plus élevés que les eaux qui proviennent des calcaires maestrichtiens plus détritiques de la Dordogne.

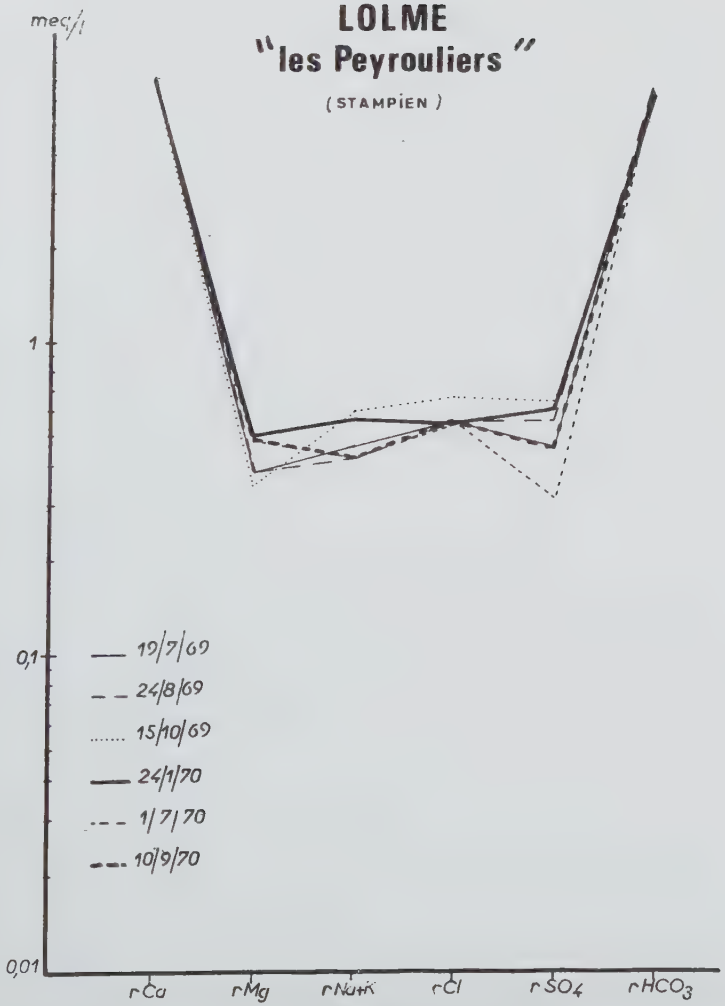
Il apparaît donc que la composition chimique d'une eau issue de terrains calcaires est en relation à la fois avec la nature lithologique du calcaire dans lequel elle circule, avec la constitution du sol qui le recouvre, avec la structure du réseau et avec la situation géographique de la source.

En conséquence, la connaissance de ces différents paramètres permet de prévoir dans une certaine mesure la composition chimique des eaux qui proviennent de ces types de terrains.

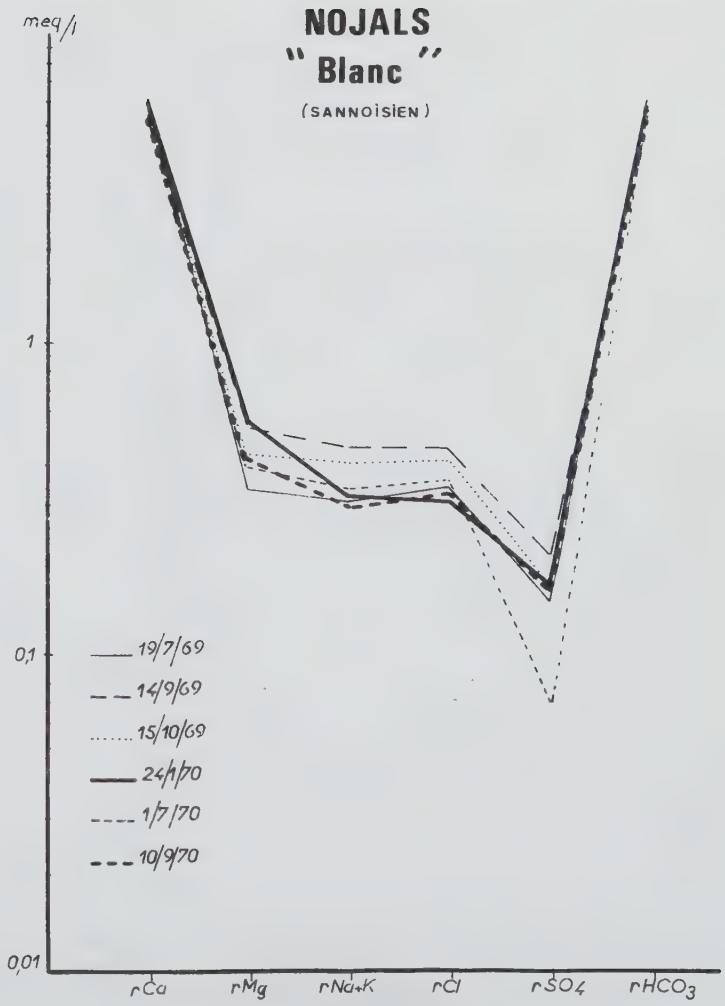
A N N E X E S

Représentation graphique de la composition chimique des eaux de quelques sources à différentes périodes de l'année.

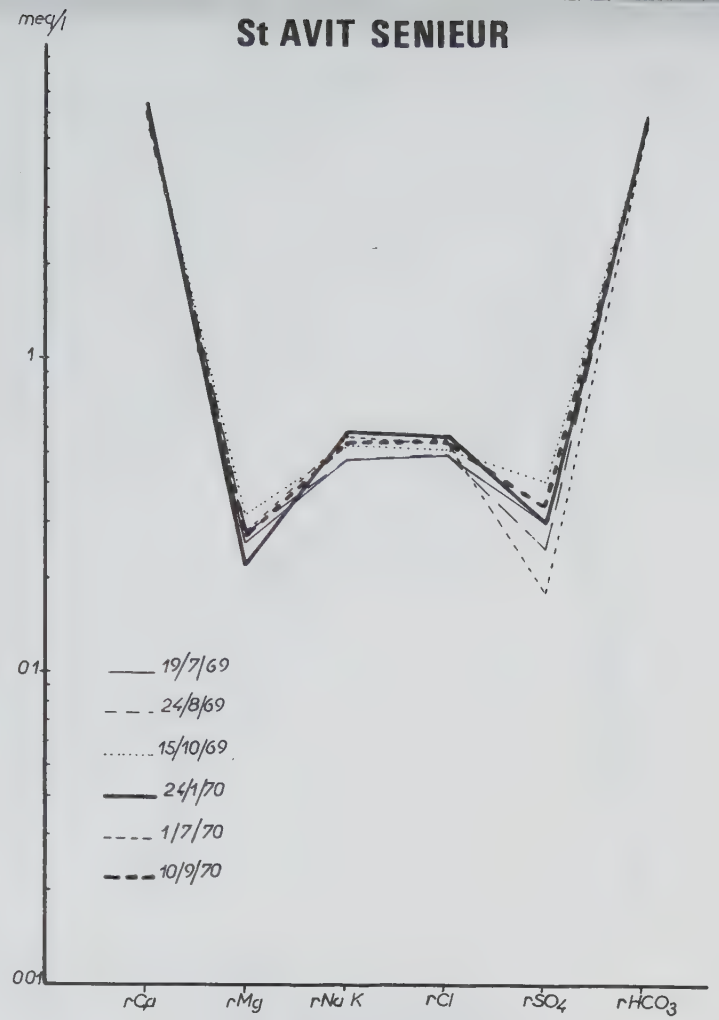
--°--



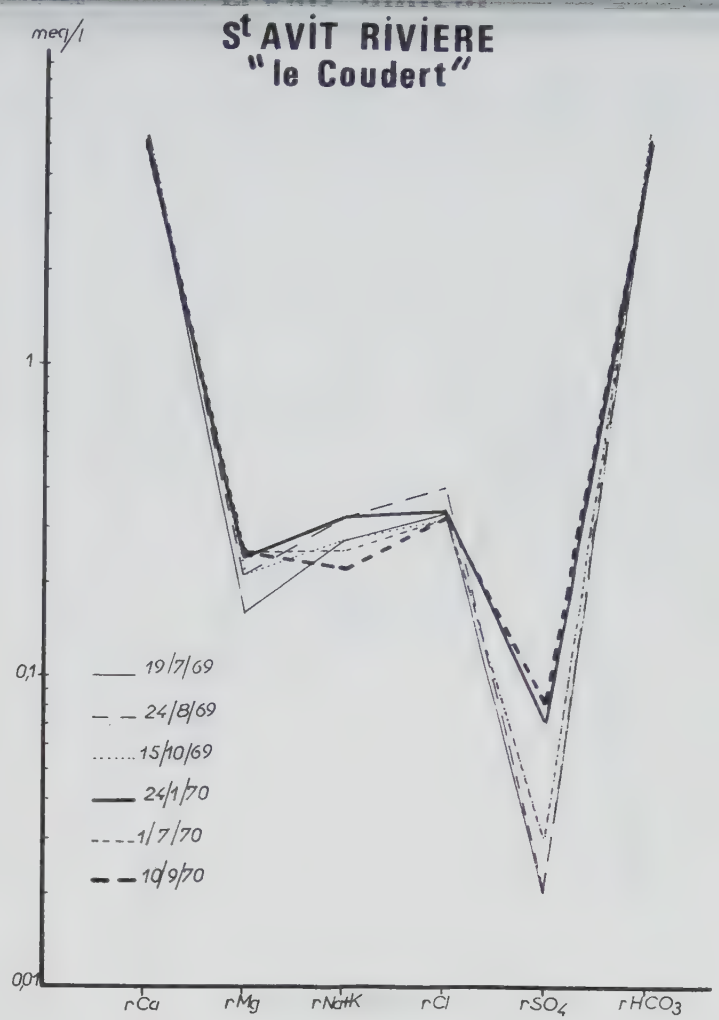
GRAPHIQUE n° 1



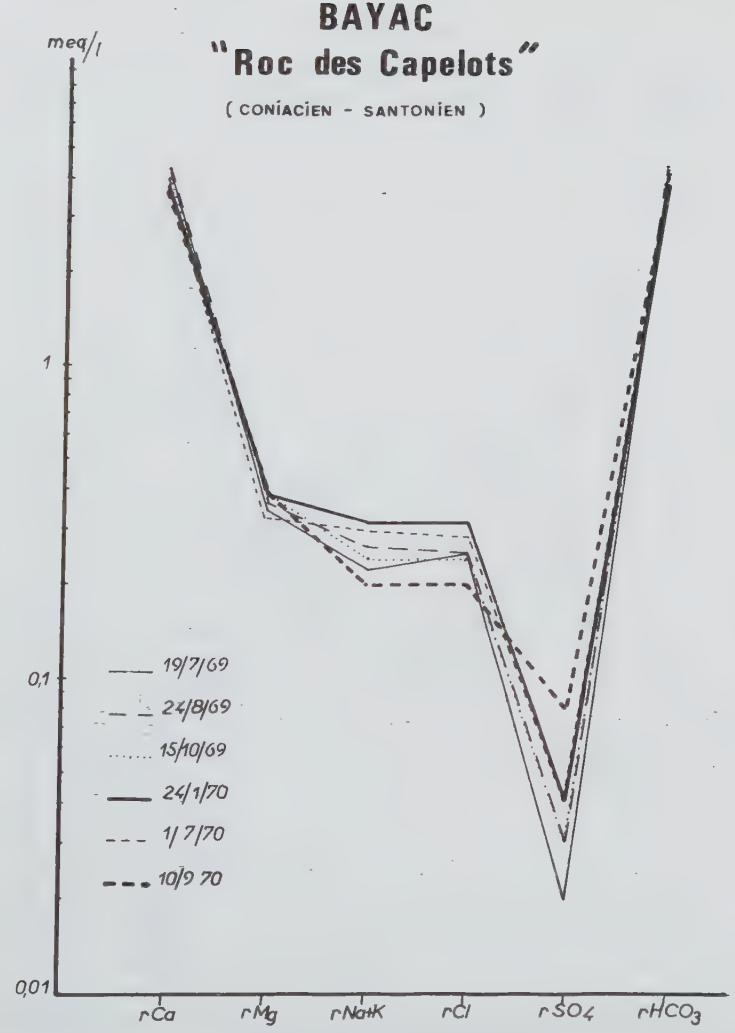
GRAPHIQUE n° 2



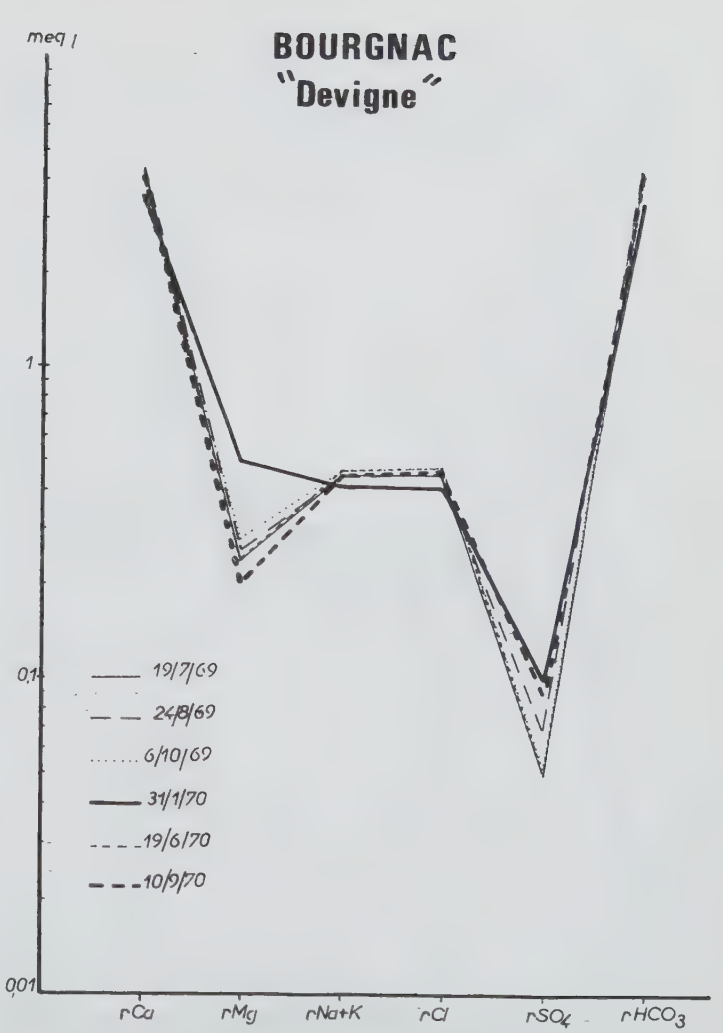
GRAPHIQUE n° 3



GRAPHIQUE n° 4



GRAPHIQUE n° 5



GRAPHIQUE n° 6

RESULTATS COMPLETS DES ANALYSES

--°--

TABLEAU I

Concentrations en ac. monosilicique exprimées en mg/l de SiO_2

Sources	SiO_2 en mg/l	Sources	SiO_2 en mg/l
Fontbonne	6,80	Laveyssière	9,50
Les Aubineaux	9,40	La Vierge	8,50
Le Bournais	5,0	Devigne	8,50
Le Gat	8,30	St.Avit Sénieur	9,50
Chepniers	8,50	Min. de Roumaguet	9,50
Cottières	8,20	Le Maurial	9,0
Couyette	9,0	Min. de Channoy	7,0
Neufonds	9,50	Le Coudert	7,50
Jaures	8,50	Le Tronc	9,0
St.J.d'Estissac	7,50	Régagnac	7,o
Villamblard	8,70	Roc des Capelots	7,5
Larigaudie	9,0	Les Peyrouliers	9,0
Les Deux Fonds	8,0	Blanc	9,0
Grand Fond	8,0	Lucien	9,50

TABLEAU II

Résultats des dosages du fer effectués aux mois de janvier, juin et septembre 1970

Sources	*Dates*	*Fe en mg/l*	*Sources*	*Dates*	*Fe en mg/l*
	janv.70	0		janv.70	0
Fontbonne	juin 70	0	Neufonds	juin 70	0
	sept.70	0		sept.70	0
	janv.70	0		janv.70	0
Les Aubineaux	juin 70	0,01	Jaures	juin 70	0,01
	sept.70	0,01		sept.70	0,03
	janv.70	0		janv.70	0
Le Bournais	juin 70	0	St.J.d'Estissac	juin 70	0
	sept.70	0		sept.70	0
	janv.70	0		janv.70	0
Le Gat	juin 70	0	Villamblard	juin 70	0
	sept.70	0		sept.70	0
	janv.70	0		janv.70	0
Chepniers	juin 70	0	Larigaudie	juin 70	0
	sept.70	0		sept.70	0
	janv.70	0		janv.70	0
Cottières	juin 70	0	Les Deux Fonds	juin 70	0
	sept.70	0		sept.70	0
	janv.70	0		janv.70	0
Couyette	juin 70	0	Grand Fond	juin 70	0
	sept.70	0		sept.70	0,01

(suite)

TABLEAU II

Résultats des dosages du fer effectués aux mois de janvier, juin et septembre 1970.

Sources	*Dates*	*Fe en mg/l*	*Sources*	*Dates*	*Fe en mg/l*
	janv.70	0		janv.70	0
Laveyssière	juin 70	0,01	Le Coudert	juin 70	0,01
	Sept.70	0,02		sept.70	0,03
	janv.70	0		janv.70	0
La Vierge	juin 70	0,02	Le Tronc	juin 70	0,02
	sept.70	0,03		sept.70	0,04
	janv.70	0		janv.70	traces
Devigne	juin 70	0	Régagnac	juin 70	0,02
	sept.70	0,01		sept.70	0,03
	janv.70	0		janv.70	0
St. Avit Sénieur	juin 70	0,02	Roc des Capelots	juin 70	0
	sept.70	0,03		sept.70	0
	janv.70	0		janv.70	traces
Min.de Roumaguet	juin 70	0,01	Les Peyrouliers	juin 70	0,02
	sept.70	0,02		sept.70	0,06
	janv.70	0		janv.70	0
Le Maurial	juin 70	0	Blanc	juin 70	0,01
	sept.70	0,01		sept.70	0,01
	janv.70	0		janv.70	0
Min. de Channoy	juin 70	0,05	Lucien	juin 70	0,02
	sept.70	0,1		sept.70	0,04

	Dates	débit l/s	θ °C	R 20°C ω/cm	pH	CO_2 libre mg/l	CATIONS mEq/l					ANIONS mEq/l				
							Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	T	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}	T
NEUVICQ S. Fontbonne	19. 7.69	0,91	13,3	1850	6,8	62,4	0,5	0,05	6,0	0,36	6,91	5,9	0,55		0,25	6,7
	24. 8.69	0,55	12,9	1790	7,05	55,2	0,55	0,01	6,08	0,38	7,02	6,05	0,6		0,25	6,9
	6.10.69	0,89	13,4	1920	7,0		0,5	0,04	5,8	0,4	6,74	5,7	0,55	0,12	0,3	6,76
	24. 1.70	1,12	12,7	2070	6,85	56,3	0,44	0,11	5,22	0,4	6,17	4,85	0,53	0,21	0,37	5,96
	19. 6.70	0,9	12,5	2060	7,0	52,8	0,57	0,05	5,56	0,44	6,62	5,6	0,58	0,09	0,28	6,55
	10. 9.70	0,25	13,2	1895	6,9	52,8	0,6	0,05	5,74	0,37	6,76	5,7	0,67	0,2	0,35	6,92
NEUVICQ S. Les Aubineaux	19. 7.69	0,8	14,0	1730	6,7	48,9	0,42	0,15	6,4	0,4	7,37	6,05	0,6		0,3	6,95
	14. 9.69 ×		15,0	2150			0,55	0,32	5,08	0,32	6,27	4,72	0,84		0,3	5,86
	6.10.69	1,4	15,4	1790	6,8		0,47	0,13	6,3	0,4	7,3	6,1	0,6	0,16	0,28	7,14
	24. 1.70	3,2	11,7	1850	7,0	46,3	0,41	0,13	6,08	0,4	7,02	5,75	0,56	0,31	0,37	6,99
	19. 6.70	2,1	12,9	1705	6,85	59,4	0,53	0,1	6,52	0,46	7,61	6,7	0,61	0,16	0,27	7,74
	10. 9.70	0,2	15,5	1760	7,05	66,0	0,56	0,2	6,4	0,38	7,54	6,4	0,63	0,18	0,31	7,52
MONTGUYON S. Le Bournais	19. 7.69	0,73	13,0	1920	6,7	66,5	0,4	0,02	5,9	0,34	6,66	5,9	0,45		0,2	6,55
	14. 9.69	1,8	13,4	2220	7,3		0,62	0,02	4,8	0,3	5,74	4,65	0,65		0,2	5,4
	6.10.69	0,8	13,3	1890	7,1		0,45	0,01	5,8	0,42	6,68	5,7	0,5	0,12	0,25	6,57
	24. 1.70	1,1	12,0	1910	7,1	56,1	0,41	0,01	5,86	0,4	6,58	5,55	0,45	0,2	0,31	6,51
	19. 6.70	0,6	12,2	1840	7,0	68,0	0,54	0,01	6,02	0,38	6,95	6,0	0,55	0,06	0,2	6,81
	1. 9.70	0,35	13,8	1910	7,1	55,0	0,51	0,01	5,74	0,31	6,57	5,9	0,5	0,1	0,21	6,71

	Aquifère	Coordonnées	Dates	$\mu \times 10^{-3}$	pH eq.	CO_2 eq. mg/I	i.e.b.	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rMg}$	$\frac{rSO4}{rCl}$
NEUVICQ S. Fontbonne	Maestrichtien calcaire jaune	x= 401,5	19. 7.69	9,1	7,27	38,5	0,00	6,0	8,3	1,38	0,45
			24. 8.69	10,3	7,27	38,0	0,06	6,2	9,0	1,4	0,41
		y= 331,8	6.10.69	10,0	7,31	33,0	0,00	6,9	8,6	1,25	0,54
			24. 1.70	9,1	7,42	22,3	-0,04	7,6	8,4	1,1	0,69
		z= 70 m	19. 6.70	9,7	7,35	30,2	-0,06	7,76	10,1	1,3	0,48
			10. 9.70	10,1	7,33	32,6	-0,02	6,5	10,5	1,6	0,52
NEUVICQ S. Les Aubinaux	Maestrichtien Calcaire blanc	x= 401,2	19. 7.69	10,8	7,26	40,2	0,05	6,25	6,55	1,05	0,5
			14. 9.69 ×	9,1	7,42	21,8	-0,02	6,3	10,8	1,72	0,35
		y= 330,8	6.10.69	10,8	7,23	42,2	-0,01	6,35	7,5	1,17	0,46
			24. 1.70	10,4	7,33	33,1	0,03	6,6	6,7	1,02	0,67
		z= 65 m	19. 6.70	11,3	7,22	49,2	-0,03	7,1	8,15	1,15	0,44
			10. 9.70	11,1	7,2	46,8	-0,2	5,95	8,75	1,3	0,49
MONTGUYON S. Le Bournais	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 401,9	19. 7.69	9,9	7,3	36,1	0,07	5,8	6,77	1,12	0,44
			14. 9.69	8,3	7,43	19,9	0,01	6,25	12,9	1,23	0,34
		y= 329,2	6.10.69	9,9	7,33	33,9	0,08	7,24	7,75	1,07	0,5
			24. 1.70	9,8	7,35	30,9	0,06	6,8	7,0	1,02	0,7
		z= 60 m	19. 6.70	10,2	7,3	37,0	00,00	6,3	9,0	1,4	0,36
			10. 9.70	9,7	7,3	34,8	-0,04	5,4	8,9	1,64	0,42

× *Source noyée par la rivière.*

	Dates	Débit l/s	θ °C	R 20°C ω/cm	pH	CO_2 libre mg/l	CATIONS mEq/l					ANIONS mEq/l				
							Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	T	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}	T
MONTGUYON S. Le Gat	19. 7.69	5,9	14,1	2410	6,9	19,2	0,48	0,02	4,3	0,24	5,04	4,2	0,5		0,2	4,9
	24. 8.69	4,4	13,7	2440	7,2	16,2	0,5	0,01	4,32	0,26	5,09	4,3	0,5		0,2	5,0
	6.10.69	6,6	13,6	2450	7,2		0,46	0,02	4,28	0,24	5,0	4,2	0,5	0,1	0,1	4,9
	24. 1.70	7,3	13,1	2470	7,2	19,8	0,41	0,02	4,22	0,2	4,85	4,1	0,4	0,21	0,11	4,82
	19. 6.70	7,0	13,5	2495	7,15	25,3	0,49	0,02	4,3	0,3	5,11	4,3	0,51	0,1	0,14	5,05
	10. 9.70	4,5	14,3	2400	7,3	24,0	0,44	0,01	4,27	0,32	5,04	4,5	0,45	0,04	0,06	5,05
CHEPNIERS S. Communale	19. 7.69	3,3	12,1	1923	7,0	33,5	0,45	0,01	5,1	0,32	5,88	4,8	0,55		0,25	5,6
	24. 8.69	2,8	13,2	2109	7,0	23,1	0,45	0,01	5,22	0,32	6,00	4,9	0,52		0,25	5,67
	6.10.69	2,8	13,7	1960	7,1		0,42	0,04	5,24	0,36	6,06	5,0	0,5	0,1	0,25	5,85
	24. 1.70	4,35	13,1	2044	7,05	22,1	0,45	0,11	4,76	0,6	5,92	4,7	0,64	0,32	0,24	5,90
	19. 6.70	3,1	12,2	2196	7,1	30,8	0,51	0,06	4,8	0,4	5,77	4,75	0,54	0,08	0,22	5,59
	1. 9.70	2,2	13,8	2241	7,1	26,4	0,5	0,05	5,0	0,32	5,87	5,0	0,52	0,1	0,21	5,83
MONTGUYON S. de Cottières	19. 7.69		13,2	2045	6,8	40,0	0,49	0,04	5,22	0,34	6,09	5,2	0,54		0,12	5,86
	6.10.69		13,4	1967	7,0		0,54	0,04	5,2	0,29	6,07	5,2	0,58		0,11	5,89
	24. 1.70	6,5	12,5	2195	7,1	27,5	0,48	0,05	4,9	0,5	5,93	5,1	0,53	0,22	0,13	5,98
	19. 6.70	4,2	12,5	2162	7,1	40,7	0,55	0,03	4,9	0,3	5,78	5,0	0,56	0,1	0,11	5,77
	10. 9.70		13,8	2111	7,05	38,5	0,55	0,03	5,23	0,28	6,09	5,3	0,57	0,07	0,14	6,08

	Aquifère	Coordonnées	Dates	$\mu \times 10^{-3}$	pH eq.	CO_2 eq. mg/l	i.e.b.	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rMg}$	$\frac{rSO4}{rCl}$
MONTGUYON S. Le Gat	Maestrichtien Calcaire blanc	x= 404,3	19. 7.69	7,5	7,52	15,7	0,00	5,6	11,1	2,0	0,4
			24. 8.69	7,5	7,5	15,8	0,00	6,02	11,5	1,92	0,4
		y= 327,3	6.10.69	7,3	7,53	14,7	0,03	5,6	10,7	1,9	0,2
			24. 1.70	7,1	7,55	14,3	-0,07	4,75	9,7	2,05	0,28
		z= 90 m	19. 6.70	7,5	7,51	15,5	0,00	6,9	11,4	1,63	0,27
			10. 9.70	7,4	7,48	17,5	0,00	7,4	10,6	1,38	0,13
CHEPNIERS S. Communale	Maestrichtien Calcaire blanc	x= 392,2	19. 7.69	8,7	7,44	21,1	0,16	6,3	8,8	1,40	0,45
			24. 8.69	8,7	7,4	22,9	0,1	6,1	8,6	1,4	0,48
		y= 331,9	6.10.69	8,9	7,4	24,5	0,08	6,8	8,04	1,17	0,5
			24. 1.70	8,4	7,45	19,8	0,12	12,5	9,45	0,74	0,37
		z= 75 m	19. 6.70	8,4	7,48	19,8	-0,06	8,35	10,6	1,28	0,41
			10. 9.70	8,6	7,4	24,0	-0,06	6,6	10,0	1,56	0,4
MONTGUYON S. Cottières	Maestrichtien calcaire blanc	x= 404,3	19. 7.69	8,9	7,39	25,8	0,02	6,5	9,4	1,44	0,22
			6.10.69	8,9	7,38	25,8	0,00	5,6	10,4	1,86	0,19
		y= 327,2	24. 1.70	8,7	7,42	23,3	0,01	10,2	9,8	0,96	0,24
			19. 6.70	8,4	7,43	22,4	-0,03	6,1	11,2	1,83	0,2
		z= 83 m	10. 9.70	8,9	7,36	27,5	-0,01	5,3	10,5	1,96	0,25

	Dates	Débit l/s	θ °C	R 20°C ω/cm	pH	CO_2 libre mg/l	CATIONS mEq/l					ANIONS mEq/l				
							Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	T	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}	T
SOURZAC S. Couyette	19. 7.69		12,8	2772	7,5	11,1	0,31	0,02	4,15	0,28	4,76	4,1	0,4		0,1	4,6
	14. 9.69		12,7	2855	7,5		0,43	0,02	3,88	0,22	4,55	3,8	0,5		0,12	4,42
	6.10.69		12,5	2896	7,4	12,1	0,40	0,03	4,35	0,28	5,06	4,3	0,48	0,07	0,06	4,91
	31. 1.70	15,0	12,3	3196	7,5	11,1	0,35	0,03	3,4	0,44	4,22	3,35	0,4	0,27	0,08	4,10
	19. 6.70	10,0	12,7	2820	7,7	11,1	0,43	0,02	4,16	0,22	4,83	4,20	0,43	0,06	0,05	4,74
	10. 9.70	4,5	12,9	2917	7,35	17,7	0,37	0,03	3,87	0,21	4,48	3,95	0,44	0,06	0,1	4,55
MUSSIDAN S. de Neufonds	19. 7.69	1,7	12,7	2516	6,9		0,32	0,03	4,15	0,3	4,80	4,1	0,42		0,1	4,62
	14. 9.70	1,66	12,7	2485	7,1		0,43	0,03	3,9	0,32	4,68	3,8	0,5		0,14	4,44
	15.10.69	1,55	12,8	2632	7,2		0,43	0,03	3,75	0,32	4,53	3,75	0,5	0,06	0,06	4,37
	31. 1.70	5,0	12,8	3170	7,5	8,8	0,3	0,03	3,22	0,64	4,19	3,25	0,34	0,34	0,15	4,08
	19. 6.70	2,5	12,7	2706	7,35	9,9	0,41	0,03	4,0	0,24	4,68	3,95	0,44	0,05	0,09	4,53
	10. 9.70	1,6	13	2879	7,3	18,7	0,37	0,03	3,8	0,22	4,42	4,0	0,46	0,02	0,11	4,59
JAURES S. Communale	19. 7.69	0,5	14	2359	7,0	37,0	0,31	0,01	5,24	0,24	5,80	5,25	0,45		0,05	5,65
	14. 9.69	0,73	14,4	2660	7,0		0,41	0,01	4,24	0,28	4,94	4,15	0,43		0,15	4,73
	14.10.69	0,22	13,9	2390	7,05		0,36	0,01	5,04	0,28	5,69	5,0	0,4	0,05	0,05	5,50
	31. 1.70	3,0	10,1	2224	7,1	30,0	0,31	0,01	5,02	0,4	5,74	5,05	0,34	0,35	0,02	5,76
	19. 6.70	1,8	12,5	2560	7,2	27,5	0,28	0,01	4,6	0,28	5,17	4,8	0,33	0,01	0,03	5,17
	10. 9.70	0,3	13,6	2669	7,0	33,0	0,25	0,01	4,43	0,2	4,89	4,45	0,35	0,02	0,08	4,90

	Aquifère	Coordonnées	Dates	$\mu \times 10^{-3}$	pH eq.	CO_2 eq. mg/l	i.e.b.	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rMg}$	$\frac{rSO4}{rCl}$
SOURZAC S. Couyette	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 447,6	19. 7.69	7,0	7,55	13,8	0,18	6,7	7,45	1,1	0,25
			14. 9.69	6,7	7,6	11,2	0,12	5,7	11,2	1,95	0,24
		y= 306,2	6.10.69	7,3	7,5	15,7	0,08	6,4	9,2	1,43	0,12
			31. 1.70	6,0	7,7	8,1	0,06	22,9	10,3	0,79	0,2
		z= 85 m	19. 6.70	7,0	7,54	15,7	0,08	5,3	10,2	1,93	0,09
			10. 9.70	6,6	7,58	12,6	0,11	5,4	9,4	1,76	0,22
MUSSIDAN S. de Neufonds	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 446,7	19. 7.69	6,9	7,55	13,9	0,17	7,2	7,6	1,05	0,24
			14. 9.69	6,7	7,6	11,6	0,08	8,2	11,0	1,34	0,28
		y= 303,5	15.10.69	6,5	7,62	10,9	0,08	8,5	11,3	1,35	0,12
			31. 1.70	6,1	7,63	7,3	0,02	19,6	9,3	0,47	0,44
		z= 80 m	19. 6.70	6,8	7,58	11,7	0,00	6,0	10,2	1,71	0,22
			10. 9.70	6,5	7,57	12,4	0,15	5,8	9,7	1,68	0,24
JAURES S. Communale	Maestrichtien calcaire blanc	x= 459,5	19. 7.69	8,5	7,35	27,6	0,28	4,5	5,7	1,25	0,11
			14. 9.69	7,2	7,51	14,9	0,00	6,5	9,7	1,4	0,35
		y= 307,8	14.10.69	8,3	7,4	24,4	0,10	5,5	7,2	1,28	0,12
			31. 1.70	8,4	7,47	21,9	0,05	8,0	6,2	0,76	0,04
		z= 110 m	19. 6.70	7,6	7,46	21,7	0,11	6,1	6,1	1,00	0,09
			10. 9.70	7,3	7,48	18,2	0,28	4,6	5,7	1,25	0,22

	Dates	Débit l/s	θ °C	R 20°C ω/cm	pH	CO_2 libre mg/l	CATIONS mEq/l					ANIONS mEq/l				
							Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	T	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}	T
ST J.D'ESTISSAC S. Communale	19. 7.69	1,52	13,2	2359	6,9	32,3	0,39	0,01	4,78	0,25	5,43	4,7	0,45		0,04	5,19
	24. 8.69	1,34	14,2	2387	7,1	45,1	0,38	0,01	4,9	0,22	5,51	4,9	0,46		0,05	5,41
	6.10.69	1,8	13,9	2370	6,9		0,35	0,04	4,62	0,28	5,29	4,6	0,45	0,02	0,07	5,14
	31. 1.70	5,5	11,1	2739	6,9	41,4	0,29	0,1	3,98	0,56	4,83	4,1	0,34	0,23	0,06	4,73
	19. 6.70	1,9	11,8	2410	6,95	49,5	0,38	0,03	4,68	0,32	5,41	4,9	0,43	0,02	0,05	5,40
	10. 9.70	0,65	14,3	2384	6,7	59,4	0,36	0,02	4,71	0,25	5,34	4,9	0,43	0	0,08	5,41
VILLAMBLARD S. Communale	19. 7.69	4,6	13,4	2640	7,0	20,8	0,36	0,02	4,32	0,2	4,9	4,4	0,45		0,05	4,9
	14. 9.69	11,2	13,0	3700	7,0		0,37	0,02	3,22	0,22	3,83	2,95	0,4		0,22	3,57
	6.10.69	4,3	14,5	2494	7,1		0,28	0,02	4,58	0,26	5,14	4,5	0,4	0,03	0,05	4,98
	31. 1.70		11	3750	7,0	22,5	0,23	0,01	3,3	0,34	3,88	3,05	0,27	0,37	0,09	3,78
	19. 6.70	4,0	12,9	2670	7,1	29,7	0,31	0,01	4,44	0,24	5,0	4,65	0,37	0,02	0,05	5,09
	10. 9.70	2,1	15,4	2609	6,9	38,5	0,33	0,01	4,28	0,2	4,82	4,55	0,41	0,02	0,08	5,06
VILLAMBLARD S. de Larigaudie	19. 7.69		13,5	1913	6,9	53,1	0,38	0,03	6,28	0,32	7,01	5,9	0,43		0,15	6,48
	24. 8.69		13,5	1845	6,85	56,7	0,38	0,04	6,4	0,32	7,14	6,25	0,45		0,24	6,94
	6.10.69		14,9	1952	7,0		0,35	0,07	6,1	0,36	6,88	6,0	0,44	0,15	0,1	6,69
	31. 1.70		11,2	2152	7,2	29,9	0,35	0,05	5,54	0,5	6,44	5,5	0,38	0,38	0,14	6,4
	19. 6.70		12,5	2063	7,1	47,3	0,36	0,06	5,9	0,4	6,72	6,1	0,43	0,1	0,12	6,75
	10. 9.70	0,3	14,1	2093	7,0	66,0	0,36	0,07	5,84	0,36	6,63	6,0	0,44	0,02	0,17	6,63

Aquifère	Coordonnées	Dates	$\mu \times 10^{-3}$	pH eq.	CO_2 eq. mg/l	i.e.b.	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rMg}$	$\frac{rSO4}{rCl}$
St J. D'ESTISSAC S. Communale Maestrichtien Calcaire blanc	x= 456,8	19. 7.69	7,8	7,45	19,7	0,11	5,2	8,3	1,6	0,09
		24. 8.69	8,0	7,4	23,0	0,15	4,48	7,75	1,7	0,1
	y= 304,8	6.10.69	7,7	7,45	20,3	0,13	6,1	7,5	1,25	0,15
		31. 1.70	7,1	7,6	12,5	-0,07	14,0	7,5	0,5	0,2
	z= 115 m	19. 6.70	7,9	7,46	20,5	0,04	6,7	7,9	1,17	0,11
		10. 9.70	7,9	7,41	22,6	0,11	5,3	7,6	1,44	0,16
VILLAMBLARD S. Communale Maestrichtien calcaire blanc	x= 460,1	19. 7.69	7,2	7,5	16,4	0,15	4,6	8,3	1,8	0,11
		14. 9.69	5,6	7,75	6,1	0,03	6,8	11,5	1,6	0,55
	y= 304,3	6.10.69	7,5	7,45	18,5	0,25	5,6	6,1	1,1	0,13
		31. 1.70	5,7	7,78	6,5	0,11	10,3	6,9	0,67	0,33
	z= 145 m	19. 6.70	7,4	7,45	18,8	0,14	5,4	6,8	1,12	0,14
		10. 9.70	7,2	7,48	18,6	0,17	4,6	7,6	1,65	0,2
VILLAMBLARD S. de Larigaudie Maestrichtien calcaire blanc	x= 454,7	19. 7.69	10,1	7,27	38,5	0,04	5,1	6,3	1,18	0,34
		24. 8.69	10,5	7,25	42,7	0,05	5,0	6,2	1,18	0,53
	y= 302,9	6.10.69	10,1	7,24	40,0	0,03	5,9	5,7	0,94	0,22
		31. 1.70	9,5	7,4	28,5	-0,05	9,1	6,3	0,7	0,36
	z= 95 m	19. 6.70	9,9	7,3	38,4	0,01	6,6	6,1	0,9	0,29
		10. 9.70	9,8	7,28	37,8	0,01	6,1	6,1	1,0	0,38

	Dates	Débit l/s	θ °C	R 20°C ω/cm	pH	CO_2 libre mg/l	CATIONS mEq/l					ANION mEq/l				
							Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	T	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}	T
QUEYSSAC S. des 2 Fonds	19. 7.69	19,6	12,5	2264	6,9	49,6	0,3	0,01	5,12	0,24	5,67	5,3	0,35		0,04	5,69
	24. 8.69	13,5	12,7	2150	6,95	37,0	0,37	0,01	5,24	0,28	5,90	5,4	0,4		0,05	5,85
	15.10.69	12,5	12,9	2290	6,9		0,43	0,01	4,84	0,36	5,64	5,1	0,46	0,05	0,05	5,66
	31. 1.70	28,0	11,7	2440	7,0	22,9	0,3	0,02	4,24	0,72	5,29	4,5	0,28	0,31	0,02	5,21
	19. 6.70	13,0	12	2272	7,2	39,6	0,39	0,01	5,02	0,36	5,78	5,2	0,42	0,01	0,06	5,69
	10 . 9.70	5,1	13	2358	6,9	42,8	0,35	0,01	5,03	0,4	5,79	5,15	0,4	0,04	0,15	5,74
ST J. D'EYRAUD S. Grand Fond	19. 7.69	12,0	12,6	2107	6,9	49,6	0,3	0,01	5,44	0,2	5,95	5,0	0,4		0,08	5,5
	24. 8.69	9,5	12,7	2097	6,9	23,1	0,37	0,01	5,4	0,18	5,96	5,45	0,44		0,05	5,94
	6.10.69	4,5	12,9	2210	6,9		0,35	0,03	5,2	0,26	5,84	5,2	0,4	0,1	0,08	5,78
	31. 1.70	80,0	10,8	4420	6,85	18,4	0,33	0,02	2,3	0,44	3,09	2,3	0,35	0,23	0,12	2,90
	1. 7.70	3,1	12,5	2040	7,1	29,7	0,36	0,03	5,4	0,34	6,13	5,5	0,43	0,21	0,24	6,38
	10. 9.70	2,0	13,1	2262	7,0	48,4	0,36	0,01	5,32	0,4	6,09	5,2	0,43	0,07	0,15	5,85
LAVEYSSIERE S. Communale	19. 6.69	0,6	13,2	2090	7,0	36,9	0,37	0,05	4,96	0,36	5,74	4,9	0,5		0,24	5,64
	14. 9.69	0,5	13,2	2215	7,05		0,46	0,07	4,48	0,38	5,39	4,3	0,53		0,25	5,08
	15.10.69	0,55	13	2100	7,0		0,4	0,06	4,9	0,38	5,7	4,9	0,55	0,08	0,25	5,78
	31. 1.70	1,3	11,5	2495	7,05	18,4	0,32	0,05	3,38	0,41	4,16	3,1	0,38	0,39	0,26	4,13
	1. 7.70	1,5	12,9	2121	7,1	30,8	0,45	0,06	4,96	0,4	5,87	5,1	0,55	0,01	0,18	5,84
	10. 9.70	1,15	13,2	2286	6,9	35,2	0,4	0,05	4,88	0,35	5,68	5,2	0,52	0,1	0,27	6,09

	Aquifère	Coordonnées	Dates	$\mu \times 10^{-3}$	pH eq.	CO_2 eq. mg/l	i.e.b	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rMg}$	$\frac{rSO_4}{rCl}$
QUEYSSAC S. des 2 Fonds	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 455,9	19. 7.69	8,4	7,39	26,2	0,11	4,7	5,8	1,25	0,11
			24. 8.69	8,7	7,37	27,9	0,08	5,3	7,1	1,3	0,13
		y= 292,7	15.10.69	8,3	7,41	23,8	0,04	7,5	8,9	1,5	0,12
			31. 1.70	7,7	7,56	16,1	-0,14	17,1	7,1	0,41	0,06
		z= 115 m	19. 6.70	8,5	7,42	24,5	0,05	7,2	7,9	1,08	0,14
			10. 9.70	8,6	7,41	24,3	0,09	8,0	7,0	0,9	0,38
ST J. D'EYRAUD S. Grand Fond	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 451,8	19. 7.69	8,6	7,4	24,9	0,22	3,7	5,6	1,5	0,2
			24. 8.69	8,8	7,36	28,0	0,14	3,3	6,8	2,0	0,11
		y= 296,9	6.10.69	8,6	7,38	25,7	0,06	5,0	6,7	1,3	0,2
			31. 1.70	4,5	8,0	3,0	0,00	19,1	14,3	0,75	0,32
		z= 93 m	1. 7.70	9,2	7,36	29,5	0,1	6,3	6,6	1,0	0,55
			10. 9.70	8,9	7,38	26,2	0,14	7,5	6,7	0,9	0,34
LAVEYSSIERE S. Communale	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 450,3	19. 7.69	8,5	7,43	22,3	0,16	7,2	7,4	1,02	0,48
			14. 9.69	7,8	7,52	15,9	0,00	8,4	10,2	1,2	0,47
		y= 295,3	15.10.69	8,6	7,43	22,0	0,17	7,6	8,1	1,05	0,45
			31. 1.70	6,2	7,66	6,6	0,02	12,1	9,4	0,78	0,69
		z= 70 m	1. 7.70	8,6	7,41	24,2	0,08	8,0	9,0	1,12	0,34
			10. 9.70	8,6	7,41	25,0	0,14	7,2	8,2	1,14	0,51

	Dates	Débit l/s	θ °C	R 20°C ω/cm	pH	CO_2 libre mg/l	CATIONS mEq/l					ANIONS mEq/l				
							Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	T	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}	T
ST J. D'EYRAUD S. de la Vierge	19. 7.69	0,61	14	2008	7,0	47,3	0,45	0,12	5,52	0,28	6,37	5,5	0,5		0,1	6,1
	14. 9.69	0,95	14,8	2300	7,1		0,57	0,13	4,7	0,3	5,70	4,6	0,55		0,29	5,44
	6.10.69	0,4	15,2	1970	7,0		0,43	0,11	5,62	0,3	6,46	5,5	0,54	0,3	0,09	6,43
	31. 1.70	1,5	12,7	1830	6,9	62,2	0,52	0,20	5,76	0,6	7,08	5,55	0,66	0,75	0,12	7,08
	1. 7.70	1,07	13,4	1960	7,0	38,5	0,49	0,12	5,6	0,44	6,65	5,6	0,46	0,52	0,06	6,64
	10. 9.70	0,55	15,6	2153	7,1	38,5	0,43	0,1	5,17	0,35	6,05	5,25	0,45	0,35	0,12	6,17
BOURGNAC S. Devigne	19. 7.69		12,6	2636	6,95	18,5	0,44	0,01	4,26	0,24	4,95	4,3	0,45		0,05	4,80
	24. 8.69		12,5	2624	7,1	23,9	0,43	0,01	4,32	0,26	5,02	4,4	0,46		0,07	4,93
	6.10.69	5,0	12,8	2705	7,0		0,42	0,04	3,98	0,28	4,72	4,2	0,48	0,02	0,05	4,75
	31. 1.70	20,0	12,4	3105	7,1	15,4	0,37	0,05	3,5	0,5	4,42	3,45	0,41	0,31	0,10	4,27
	19. 6.70	7,0	12,4	2650	7,25	22,0	0,45	0,02	4,0	0,24	4,71	4,2	0,47	0,04	0,05	4,76
	10. 9.70	2,5	13,0	2640	7,0	27,5	0,43	0,02	4,13	0,2	4,78	4,4	0,46	0,02	0,09	4,97
ST AVIT SENIEUR S. Communale	19. 7.69	0,58	13,4	1600	7,0	24,25	0,45	0,03	6,18	0,26	6,92	5,9	0,5		0,30	6,7
	24. 8.69	0,4	13,5	1789	7,1	19,25	0,45	0,03	6,28	0,28	7,04	6,05	0,5		0,25	6,8
	15.10.69	0,53	13,5	1750	7,0		0,42	0,11	6,2	0,32	7,05	5,9	0,52	0,3	0,41	7,13
	24. 1.70	1,4	13,8	1760	7,5	8,4	0,4	0,19	6,4	0,22	7,21	5,9	0,57	0,45	0,3	7,22
	1. 7.70	0,4	13,4	1817	7,25	23,2	0,43	0,14	6,08	0,28	6,93	5,95	0,54	0,4	0,18	7,07
	10. 9.70	0,3	13,9	1817	7,0	22,8	0,4	0,14	6,1	0,26	6,9	5,85	0,56	0,45	0,34	7,2

	Aquifère	Coordonnées	Dates	$\mu \times 10^{-3}$	pH eq.	CO_2 eq. mg/l	i.e.b	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rMg}$	$\frac{rSO_4}{rCl}$
ST J. D'EYRAUD S. de la Vierge	Maestrichtien calcaire jaune	x= 451,8	19. 7.69	9,2	7,32	29,6	-0,14	5,1	8,1	1,6	0,2
			14. 9.69	8,3	7,43	19,7	-0,27	6,3	12,1	1,9	0,48
		y= 296,9	6.10.69	9,4	7,3	32,1	0,00	5,3	7,8	1,4	0,16
			31. 1.70	10,2	7,23	30,05	-0,09	10,4	8,9	0,86	0,18
		z= 95 m	1. 7.70	9,7	7,33	32,9	-0,32	7,8	8,7	1,1	0,13
			10. 9.70	9,0	7,33	28,0	-0,20	6,7	8,4	1,25	0,27
BOURGNAC S. Devigne	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 296,9	19. 7.69	7,14	7,53	15,8	0,02	5,6	10,2	1,70	0,11
			24. 8.69	7,3	7,52	16,5	0,05	6,05	9,9	1,6	0,15
		y= 499,2	6.10.69	6,9	7,56	14,3	0,04	7,5	10,2	1,4	0,1
			31. 1.70	6,4	7,54	8,4	0,00	14,2	10,5	0,74	0,25
		z= 88 m	19. 6.70	6,9	7,57	13,6	0,00	6,0	11,0	1,8	0,1
			10. 9.70	7,1	7,53	15,3	0,01	4,8	10,4	2,15	0,2
ST AVIT SENIEUR S. Communale	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 479,2	19. 7.69	10,2	7,27	38,0	0,04	4,2	7,2	1,7	0,6
			24. 8.69	10,3	7,25	39,7	0,04	4,4	7,1	1,6	0,5
		y= 276,2	15.10.69	10,6	7,28	37,1	-0,01	5,1	6,7	1,4	0,8
			24. 1.70	10,7	7,27	38,8	-0,03	3,4	6,25	1,8	0,52
		z= 150 m	1. 7.70	10,3	7,28	37,5	-0,05	4,5	7,0	1,5	0,33
			10. 9.70	10,4	7,28	36,7	0,03	4,2	6,5	1,5	0,6

	Dates	Débit l/s	θ °C	R 20°C ω/cm	pH	CO_2 libre mg/l	CATIONS mEq./l Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	T	ANIONS mEq/l HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}	T
MOLIERES Mn.de Roumaguet	19. 7.69	4,5	12,5	1848	7,0	57,75	0,26	0,02	6,36	0,2	6,84	6,2	0,35		0,05	6,6
	14. 9.69	3,4	12,6	1980	7,0		0,43	0,02	5,6	0,3	6,35	5,4	0,45		0,22	6,07
	15.10.69	2,4	12,5	1900	6,9		0,32	0,02	6,06	0,26	6,66	6,1	0,4		0,06	6,56
	24. 1.70	5,0	12,2	1965	7,1	41,4	0,29	0,03	5,84	0,38	6,54	5,7	0,32	0,24	0,2	6,46
	1. 7.70	2,0	12,3	1880	7,1	58,3	0,28	0,03	5,82	0,28	6,41	5,9	0,36	0,06	0,05	6,36
	10. 9.70	1,9	12,8	1975	6,85	58,3	0,29	0,02	5,76	0,2	6,27	5,8	0,35	0,06	0,14	6,35
MOLIERES S. Le Maurial	19. 7.69	3,6	12,7	1945	7,0	46,2	0,27	0,01	5,44	0,26	5,98	5,4	0,35		0,04	5,79
	24. 8.69	3,6	13,2	2150	6,95	32,4	0,31	0,01	5,6	0,21	6,13	5,65	0,4		0,04	6,09
	15.10.69	3,6	13,5	2287	6,95		0,31	0,02	5,18	0,3	5,81	5,15	0,38	0,08	0,04	5,65
	24. 1.70	4,2	11,7	2175	7,2	34,5	0,3	0,01	5,28	0,36	5,95	5,2	0,32	0,26	0,18	5,95
	1. 7.70	4,3	12,6	2195	7,2	39,6	0,27	0,02	5,44	0,28	6,01	5,55	0,36	0,05	0,07	6,02
	10. 9.70	3,5	13,6	2218	6,9	49,5	0,31	0,01	5,38	0,17	5,87	5,4	0,35	0,05	0,1	5,9
MONTFERRAND Min. de Chanoy	19. 7.69	19,0	12,2	2191	6,9	53,1	0,22	0,01	5,5	0,2	5,93	5,4	0,4		0,02	5,82
	14. 9.69	13,5	12,4	2290	7,1		0,37	0,02	5,2	0,28	5,87	5,3	0,44		0,14	5,88
	15.10.69	11,5	12,4	2230	6,95		0,25	0,02	5,4	0,24	5,91	5,25	0,46	0,1	0,02	5,83
	24. 1.70	55,0	12,3	2174	7,15	25,3	0,31	0,02	5,4	0,28	6,01	5,1	0,38	0,31	0,16	5,95
	1. 7.70	9,8	12,2	2290	6,9	47,3	0,19	0,02	5,48	0,24	5,93	5,5	0,35	0,03	0,01	5,89
	10. 9.70	7,5	12,6	2240	6,95	47,3	0,21	0,01	5,3	0,2	5,72	5,4	0,36	0,04	0,07	5,87

	Aquifère	Coordonnées	Dates	$\mu \times 10^{-3}$	pH eq.	CO_2 eq. mg/l	i.e.b.	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rMg}$	$\frac{rSO_4}{rCl}$
MOLIERES Mn. de Roumaguet	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 477,3	19. 7.69	10,02	7,26	41,9	0,2	3,1	4,0	1,3	0,14
			14. 9.69	9,27	7,36	27,9	0,00	5,3	7,5	1,4	0,5
		y= 277,7	15.10.69	9,9	7,29	39,0	0,15	4,3	5,3	1,2	0,15
			24. 1.70	9,7	7,34	32,6	0,00	6,5	5,0	0,76	0,6
		z= 100 m	1. 7.70	9,5	7,32	35,6	0,13	4,7	5,0	1,0	0,13
			10. 9.70	9,4	7,31	35,4	0,11	3,4	5,0	1,45	0,4
MOLIERES S. Le Maurial	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 480,5	19. 7.69	8,8	7,39	27,4	0,18	4,7	5,0	1,0	0,11
			24. 8.69	9,0	7,32	32,8	0,2	3,7	5,5	1,5	0,1
		y= 279,2	15.10.69	8,49	7,35	25,6	0,13	5,7	5,9	1,0	0,1
			24. 1.70	8,8	7,41	26,3	0,03	6,8	5,6	0,8	0,56
		z= 130 m	1. 7.70	8,9	7,36	29,8	0,17	5,2	5,0	1,0	0,2
			10. 9.70	8,6	7,34	29,4	0,11	7,1	5,7	1,8	0,28
MONTFERRAND Min.de Chanoy	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 482,9	19. 7.69	8,7	7,37	28,8	0,43	3,6	4,0	1,1	0,05
			14. 9.69	8,5	7,41	26,6	0,09	5,3	7,1	1,3	0,33
		y= 273,4	15.10.69	8,7	7,38	26,9	0,41	4,4	4,6	1,0	0,04
			24. 1.70	8,9	7,39	25,2	0,11	5,1	5,7	1,1	0,4
		z= 130 m	1. 7.70	8,8	7,37	29,6	0,4	4,3	3,6	0,83	0,02
			10. 9.70	8,5	7,37	29,0	0,36	3,7	3,9	1,05	0,19

	Dates	Débit l/s	θ °C	R 20°C ω/cm	pH	CO_2 libre mg/l	CATIONS mEq/l					ANIONS mEq/l				
							Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	T	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}	T
ST AVIT RIVIERE S. Le Coudert	19. 7.69	35,0	13,2	2195	7,0	38,2	0,26	0,01	5,24	0,16	5,67	5,2	0,33		0,02	5,55
	24. 8.69	25,0	12,7	2110	7,0	32,4	0,31	0,01	5,36	0,21	5,89	5,2	0,4		0,02	5,62
	15.10.69	28,0	12,5	2130	7,0		0,26	0,01	5,32	0,22	5,81	5,3	0,32	0,05	0,03	5,7
	24. 1.70	95,0	12,0	2290	7,5	23,0	0,3	0,02	5,2	0,24	5,76	4,95	0,33	0,27	0,07	5,62
	1. 7.70	17,5	12,5	2265	7,05	36,5	0,24	0,01	5,3	0,25	5,8	5,4	0,32	0,02	0,03	5,77
	10. 9.70	11,0	13,2	2334	6,9	42,9	0,21	0,01	4,89	0,25	5,36	5,0	0,32	0,03	0,08	5,43
LABOUQUERIE S. Le Tronc	19. 7.69	0,6	13,6	1847	6,9	64,7	0,38	0,04	6,16	0,34	6,92	5,9	0,45		0,5	6,85
	14. 9.69	0,8	13	1943	7,1		0,41	0,11	5,62	0,34	6,48	5,4	0,45		0,27	6,12
	15.10.69	0,5	13	1865	6,95		0,42	0,06	5,98	0,36	6,82	5,6	0,48	0,15	0,49	6,72
	21. 1.70	4,5	12,2	1898	7,1	30,8	0,29	0,06	5,98	0,3	6,63	5,65	0,37	0,21	0,38	6,61
	1. 7.70	2,0	12,9	1826	7,0	49,5	0,3	0,1	6,32	0,32	7,04	6,1	0,43	0,2	0,17	6,90
	10. 9.70	0,1	13,4	1851	6,95	49,5	0,35	0,11	6,16	0,4	7,02	5,9	0,48	0,3	0,22	6,90
BOUILLAC S.Regagnac	19. 7.69	0,34	11,9	2772	7,0	27,2	0,29	0,01	3,84	0,25	4,39	3,8	0,45		0,02	4,27
	14. 9.69	0,94	11,9	2850	7,1		0,43	0,02	3,4	0,36	4,21	3,4	0,46		0,06	3,92
	15.10.69	0,83	11,9	2675	7,0		0,33	0,01	3,82	0,36	4,52	3,7	0,48	0,25	0,02	4,45
	24. 1.70	1,1	11,8	2917	7,9	1,7	0,31	0,03	3,44	0,34	4,12	3,2	0,38	0,33	0,1	4,01
	1. 7.70	1,2	11,9	3188	7,15	13,2	0,22	0,02	3,54	0,38	4,16	3,5	0,39	0,25	0,01	4,15
	10. 9.70	1,0	12,2	3081	7,15	22,0	0,3	0,01	3,52	0,32	4,15	3,3	0,46	0,28	0,06	4,10

	Aquifère	Coordonnées	Dates	$\mu \times 10^{-3}$	pH eq.	CO_2 eq. mg/l	i.e.b	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rMg}$	$\frac{rSO_4}{rCl}$
ST.AVIT RIVIERE S. Le Coudert	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 486,8	19. 7.69	8,3	7,37	26,6	0,21	3,0	5,0	1,6	0,06
			24. 8.69	8,5	7,37	26,8	0,23	3,9	5,7	1,5	0,05
		y= 271,9	15.10.69	8,5	7,38	27,6	0,16	4,1	4,9	1,18	0,09
			24. 1.70	8,5	7,43	23,1	0,03	4,6	5,7	1,25	0,2
		z= 130 m	1. 7.70	8,6	7,37	38,2	0,21	4,7	4,5	0,96	0,09
			10. 9.70	8,0	7,42	23,4	0,31	5,1	4,3	0,84	0,25
LABOUQUERIE S. Le Tronc	Maestrichtien Calcaire jaune	x= 479,2	19. 7.69	10,4	7,27	36,9	0,07	5,4	6,1	1,1	1,1
			14. 9.69	9,4	7,35	27,7	-0,13	6,1	7,3	1,2	0,6
		y= 273,1	15.10.69	10,05	7,22	33,0	0,00	6,0	7,0	1,16	1,0
			24. 1.70	9,9	7,32	32,3	0,05	5,0	5,0	1,0	1,0
		z= 120 m	1. 7.70	10,4	7,26	42,1	0,07	5,1	4,7	0,93	0,39
			10. 9.70	10,4	7,28	36,3	0,04	6,3	5,6	0,87	0,45
BOUILLAC S. Regagnac	Sidérolithique	x= 485,8	19. 7.69	6,3	7,63	11,1	0,33	6,7	7,5	1,15	0,04
			14. 9.69	5,9	7,7	8,1	0,02	10,5	12,6	1,2	0,13
		y= 275,5	15.10.69	6,5	7,65	10,5	0,29	9,4	8,6	0,91	0,04
			24. 1.70	6,0	7,7	7,7	0,15	10,0	9,0	0,91	0,25
		z= 150 m	1. 7.70	6,2	7,68	9,2	0,38	10,5	6,2	0,6	0,03
			10. 9.70	6,1	7,71	8,0	0,35	9,1	8,5	0,93	0,13

	Dates	Débit l/s	θ °C	R 20°C ω/cm	pH	CO_2 libre mg/l	CATIONS mEq/l					ANIONS mEq/l				
							Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	T	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}	T
BAYAC Roc des Capelots	19. 7.69	36,0	15,4	2772	7,3	19,2	0,21	0,01	4,1	0,34	4,66	4,3	0,25		0,02	4,57
	24. 8.69	34,0	15,6	2843	7,3	23,9	0,25	0,01	4,28	0,36	4,89	4,4	0,25		0,03	4,68
	15.10.69	38,0	15,4	3150	7,3		0,22	0,02	3,96	0,38	4,58	4,2	0,24	0,03	0,03	4,50
	24. 1.70	45,0	15,5	3307	7,35	17,6	0,3	0,01	3,74	0,38	4,43	3,8	0,31	0,22	0,04	4,37
	1. 7.70	33,0	15,5	2706	7,35	15,5	0,26	0,03	4,04	0,32	4,65	4,2	0,28	0,04	0,04	4,56
	10. 9.70	29,0	15,9	2956	6,95	24,3	0,19	0,01	3,62	0,38	4,20	3,85	0,2	0,03	0,08	4,16
LOLME Les Peyrouliers	19. 7.69	0,25	13,2	1679	6,8	64,7	0,42	0,04	6,98	0,38	7,82	6,4	0,55		0,46	7,41
	24. 8.69	0,15	13,5	1654	6,9	46,3	0,4	0,02	7,04	0,38	7,84	6,55	0,55		0,56	7,66
	15.10.69	0,16	14,7	1660	6,9		0,51	0,08	6,88	0,34	7,81	6,2	0,66	0,3	0,64	7,80
	24. 1.70	1,1	12,8	1673	7,2	45,5	0,44	0,11	6,94	0,5	7,99	6,4	0,54	0,52	0,6	8,06
	1. 7.70	0,3	12,5	1650	6,9	58,3	0,33	0,09	6,78	0,48	7,68	6,5	0,53	0,32	0,31	7,66
	10. 9.70	0,03	13,2	1732	6,85	59,4	0,34	0,08	6,65	0,48	7,55	6,25	0,55	0,43	0,45	7,68
NOJALS S.Blanc	19. 7.69	0,35	13,4	1787	7,0	45,1	0,29	0,02	6,18	0,34	6,83	6,1	0,35		0,15	6,6
	14. 9.69	8,5	13,5	2050	7,0		0,31	0,16	5,27	0,54	6,28	5,4	0,46		0,21	6,07
	15.10.69	0,7	13,6	1710	7,0		0,38	0,03	6,08	0,44	6,93	6,15	0,42	0,2	0,17	6,94
	24. 1.70	6,5	13,5	1923	7,0	27,2	0,28	0,04	5,98	0,56	6,86	5,9	0,31	0,31	0,21	6,73
	1. 7.70	0,25	13,0	2107	7,0	42,9	0,29	0,05	5,5	0,4	6,24	5,7	0,36	0,15	0,07	6,28
	10. 9.70	0	13,9	2310	7,25	30,8	0,25	0,05	5,32	0,4	6,02	5,35	0,34	0,19	0,16	6,04

	Aquifère	Coordonnées	Dates	$\mu \times 10^{-3}$	pH eq.	CO_2 eq. mg/l	i.e.b	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rMg}$	$\frac{rSO_4}{rCl}$
BAYAC Roc des Capelots	Coniacien	x= 470,9	19. 7.69	6,9	7,49	16,3	0,12	8,3	5,1	0,61	0,08
			24. 8.69	7,1	7,46	18,1	0,00	8,4	5,8	0,69	0,1
		y= 280,8	15.10.69	6,7	7,5	15,3	0,00	9,5	5,5	0,58	0,08
			24. 1.70	6,5	7,56	11,8	0,00	10,2	8,1	0,79	0,13
		z= 50 m	1. 7.70	6,8	7,5	15,4	0,03	8,0	6,6	0,82	0,16
			10. 9.70	6,2	7,55	14,2	0,00	10,2	5,2	0,5	0,4
LOLME Les Peyrouliers	Stampien	x= 480,7	19. 7.69	11,53	7,21	47,5	0,16	5,4	6,0	1,1	0,83
			24. 8.69	11,8	7,2	50,5	0,23	5,4	5,7	1,05	1,02
		y= 268,8	15.10.69	11,7	7,21	45,2	0,1	4,9	7,4	1,5	0,97
			24. 1.70	12,05	7,22	46,3	0,00	7,2	6,3	0,88	1,1
		z= 180 m	1. 7.70	11,5	7,23	46,2	0,2	7,0	4,8	0,66	0,6
			10. 9.70	11,4	7,25	43,0	0,23	7,2	5,1	0,7	0,81
NOJALS S. Blanc	Sannoisien	x= 476,5	19. 7.69	10,1	7,26	40,3	0,08	5,4	4,8	0,88	0,42
			14. 9.69	9,2	7,36	27,9	0,00	10,2	6,3	0,59	0,45
		y= 272,3	15.10.69	10,3	7,26	38,2	0,02	7,2	6,2	0,86	0,4
			24. 1.70	10,1	7,28	36,7	0,00	9,3	5,0	0,5	0,98
		z= 110 m	1. 7.70	9,25	7,33	31,4	0,05	7,2	5,2	0,73	0,2
			10. 9.70	9,0	7,35	26,3	0,11	7,5	4,7	0,63	0,46

	Dates	Débit l/s	θ °C	R 20°C ω/cm	pH	CO_2 libre mg/l	CATIONS mEq/l					ANIONS mEq/l				
							Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	T	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{--}	T
NAUSSANES S. Lucien	19. 7.69	0,8	14,2	1705	6,9	74,5	0,19	0,01	6,32	0,32	6,84	6,2	0,35		0,25	6,8
	24. 8.69	0,55	15	1629	6,95	43,9	0,25	0,01	6,80	0,4	7,46	6,8	0,4		0,24	7,44
	15.10.69	2,0	14,5	1870	7,05		0,32	0,01	5,92	0,34	6,59	5,8	0,4	0,05	0,32	6,57
	24. 1.70	10,5	10,1	1905	7,3	30,8	0,26	0,00	5,7	0,52	6,48	5,65	0,31	0,25	0,25	6,46
	1. 7.70	0,85	13,6	1730	7,0	53,9	0,18	0,01	6,36	0,42	6,97	6,3	0,33	0,04	0,15	6,82
	10. 9.70	0,4	15,2	1816	6,95	55,0	0,2	0,00	5,93	0,38	6,51	5,9	0,37	0,06	0,23	6,56

	Aquifère	Coordonnées	Dates	$\mu \times 10^{-3}$	pH eq.	CO_2 eq. mg/l	i.e.b	$\frac{rMg}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rCa} \times 10^{-2}$	$\frac{rNa}{rMg}$	$\frac{rSO_4}{rCl}$
NAUSSANES S. Lucien	Ludien	x= 474,1	19. 7.69	10,3	7,23	37,6	0,42	5,06	3,1	0,62	0,72
			24. 8.69	11,2	7,18	42,5	0,38	5,8	3,6	0,62	0,6
		y= 275,1	15.10.69	9,8	7,30	36,0	0,18	5,7	5,3	0,94	0,8
			24. 1.70	9,7	7,4	29,8	0,16	9,1	4,5	0,5	0,8
		z= 120 m	1. 7.70	10,5	7,23	44,2	0,42	6,5	2,8	0,42	0,47
			10. 9.70	10,0	7,25	37,6	0,45	6,3	3,33	0,52	0,62

B I B L I O G R A P H I E

---

1. BLAYAC J. - Aperçu de la répartition des faciès et du synchronisme des terrains tertiaires du Bassin de l'Aquitaine au nord de la Garonne et jusqu'à Castres. Mémoire d'ensemble, Livre jubilé du Centenaire de la Société Géologique de France, 1930, 1, 151-170.

2. BRINDAMOUR J.P. - Etude hydrogéologique des affleurements Maestrichtiens en Aquitaine Septentrionale. Alimentation de la nappe.
Thèse 3ème cycle, Sciences, Bordeaux, 1970.

3. BUTTIAUX R. - Analyse bactériologique des eaux de consommation.
1 vol., Edit. Médicales Flammarion, Paris, 1951.

4. DAGUIN F. - L'Aquitaine occidentale, Géologie régionale de la France.
vol., Hermann édit., Paris 1948.

5. DELPEY G. - Paléogéographie du Sud-Ouest de la France au Crétacé supérieur.
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 1939, 73, 250.

6. DOUVILLE H. - Les sables et les argiles granitiques, leur distribution et leur origine,
Bull. de la Soc. Géologique de France, 1936, 6, 17-40.

7. EVRARD E. - Actions de désagrégation et de dissolution dans la craie du pays de Herve,
Ann. Soc. Géol. Belgique, 1945, 68, 15-35.

8. FABRE R., TRUHAUT R. - Etude toxicologique du Se, Revue de Pathologie générale et comparée p.325.

9. FOURMARIER P., Hydrogéologie. 1 vol., Masson édit. Paris, 1958.

10. GALEN M.L. - Le Sélénium, aperçu sur son état naturel sa toxicité, son rôle dans la nutrition. Thèse Sciences, Montpellier, 1965.

11. GIGNOUX M. - Géologie stratigraphique. Masson édit. Paris, 1960.

12. IMBEAUX E. - Essai d'hydrogéologie. 1 vol. Dunod édit., Paris, 1930.

13. JUNGE Ch. E. and WERBY R.J. - The concentration of chloride, sodium, potassium, calcium, and sulfate in rain water, Journal of météorology, 1958, 15, 417-425.

14. KULBICKI G. - Constitution et genèse des sédiments argileux sidérolitiques et lacustres du Nord et Nord-Est de l'Aquitaine. Sciences de la terre, 1956, 4, 53

15. LAMOTTE M. - Initiation aux méthodes statistiques en biologie, 1 vol., Masson édit., Paris, 1957.

16. LECLERC E. et coll. - Livre de l'eau. 5 vol., Cébedoc édit., Liège, 1964, 66.

17. MILLOT G. - Géologie des argiles. 1 vol. Masson édit., Paris, 1964.

18. MORETTE A., DIVIN J.P. - Le Sélénium des eaux. Analyse et résultats. Ann. pharm. franç., 1965, 23, 169-178.

19. MORETTE A. - Précis d'hydrologie. Masson édit. Paris, 1964.

20. MORETTE A. - Analyse des eaux minérales de la Roche Posay. Ann. Inst. Hydr. clim., 1967, 35, 1-29.

21. Norme A.F.NO.R. 90.003.

22. Norme A.F.N.O.R. 90.014.

23. " " 90.015.

24. " " 90.024.

25. " " 90.022.

26. " " 90.004.

27. PLAISANCE G. et CAILLEUX A. - Dictionnaire des sols, 1 vol., La Maison Rustique édit. 1958.

28. RODIER J. - L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau, Dunod édit., Paris, 1960.

29. ROQUEBERT J.P. - Le Sélénium. Aperçu analytique, hydrologique, pharmacodynamique. Thèse Pharmacie, Bordeaux, 1962.

30. ROUSSIN J.J. - De l'utilisation des membranes filtrantes pour la bactériologie des eaux de consommation. Mémoire C.E.S. d'Hydroclimatologie, Médecine et Pharmacie, Bordeaux, 1967, communiqué par l'auteur.

31. SCHOELLER H. - Etude du Sidérolitique du Lot-et-Garonne Bull. Serv. Carte Géol. France, 1941, 43,1-20.

32. SCHOELLER H. - Les eaux souterraines, 1. Vol., Masson édit. , Paris, 1962.

33. SCHOELLER H. - La solubilité du Fer dans les eaux souterraines. Ann. Inst. Hydr. Clim., 1955, 26, 1-37.

34. SCHOELLER H. Notions sur la corrosion des conduites en fontes. Ann. Ponts et Chaussées, 1938, 8, 199-282.

35. SCHOELLER H. - L'acide carbonique des eaux souterraines. Bull. du B.R.G.M., 1969, 1, 1-32.

36. SCHOELLER M. - Recherches sur l'acquisition de la composition chimique des eaux souterraines. Thèse science, Lyon, 1963.

37. Standard méthods A.P.H.A. 11ème édit., 1 vol. Americain Public Health Association édit., 1965.

38. THIBAULT Cl. - Etude biostratigraphique comparée des sédiments du Crétacé supérieur de la bordure septentrionale du Bassin Aquitain.
Thèse 3ème cycle, Sciences, Bordeaux, 1960.

39. Feuille de Jonzac au 1/80 000.

40. " " Villereal au 1/80 000.

41. " " Saint Jean d'Angély au 1/80.000.

--°--

Editions BERGERET, 2, rue Bergeret, BORDEAUX, Tel. 91.12.59.

TABLE DES MATIERES

Pages

INTRODUCTION.

- *LE CRETACE*..... 1
  Caractères généraux 1
  Le crétacé en Aquitaine..... 2
  Le Maestrichtien en Aquitaine Septentrionale..... 5
- *LE NUMMULITIQUE*..... 6
  Le Paléogène en Aquitaine..... 8
  Le Sidérolitique en Aquitaine Septentrionale..... 9
  - *Historique*
  - *Sédimentation*

  Les Sables du Périgord..... 12
- *RAPPELS D'HYDROLOGIE*..... 13
- *LES SOURCES ETUDIEES*..... 15
- *LES METHODES D'ANALYSE*..... 18

CHAPITRE I.

- *CARACTERISTIQUES GENERALES DES SOURCES PROVENANT DU MAESTRICHTIEN AVEC GRAPHIQUES SEMI LOGARITHMIQUES REPRESENTANT LA COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX DE SOURCES LES PLUS CARACTERISTIQUES.* 25

CHAPITRE II.

- *INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DE SOURCE.*..... 29
  1. Température 29
  2. Résistivité 29
  3. pH, acide carbonique, bicarbonate et calcium 30
  4. Nitrate 31
  5. Sulfate et Magnésium 33
  6. Chlorure, sodium et potassium 35
  7. Commentaire 37

Pages

CHAPITRE III.

INFLUENCE DE LA NATURE DES RESEAUX SUR LES EAUX DE SOURCES..... 41

CHAPITRE IV.

INFLUENCE DU SIDEROLITIQUE SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX DE SOURCES..... 47

1. Composition chimique des eaux de sources provenant du Sidérolitique..... 47
2. Influence du Sidérolitique sur les eaux de sources des calcaires Maestrichtiens..... 50

a) Indice de déséquilibre chloro-alcalin
b) Ion magnésium
c) Ions nitrate et sulfate
d) Le fer
e) Le sélénium

- Sources peu influencées par les formations du Sidérolitique..... 58
- Sources influencées par les formations du Sidérolitique..... 59

CHAPITRE V.

INFLUENCE DE LA NATURE LITHOLOGIQUE DES CALCAIRES SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX DE SOURCES PROVENANT DU MAESTRICHTIEN..... 63

1. Influence de la nature lithologique des calcaires sur la minéralisation globale des eaux..... 63
2. Influence de la nature lithologique des calcaires sur le rapport rMg/rCa des eaux..... 71

CHAPITRE VI.

ETUDE BACTERIOLOGIQUE DES EAUX ISSUES DES CALCAIRES MAESTRICHTIENS DE LA DORDOGNE ET DE LA CHARENTE MARITIME..... 75

CONCLUSIONS..... 79

ANNEXES 81

BIBLIOGRAPHIE 109

--°--

EDITIONS BERGERET-2,rue Bergeret-BORDEAUX. Tél. 91.12.59